



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO

INSENERITEADUSKOND

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

## **DESINFITSEERIMISSEADE UV-C VALGUSEGA**

### **DISINFECTION DEVICE WITH UV-C LIGHT**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Deivi Tiimus.....  
/nimi/

Üliõpilaskood 183778MATM.....

Juhendaja: Teadur, Toivo Tähemaa.....  
/nimi, amet/

Tallinn 2021

*(Tiitellehe pöördel)*

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." ..... 202.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 202.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Deivi Tiimus\_\_\_\_\_ (autori nimi) (sünnikuupäev:02.07.90)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Desinfitseerimisseade UV-C valgusega

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Toivo Tähemaa\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi)

- 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

- 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

<sup>1</sup>Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.

\_\_\_\_\_ (allkiri)

\_\_\_\_\_ (kuupäev)

Mehaanika ja tööstustehnika instituut  
**LÕPUTÖÖ ÜLESANNE**

**Üliõpilane:** Deivi Tiimus 183778MATM..... (nimi, üliõpilaskood)  
Õppekava, peeriala: MATM02/18 - Tootearendus ja tootmistehnika..(kood ja nimetus)  
**Juhendaja(d):** teadur, Toivo Tähemaa..... (amet, nimi, telefon)  
**Konsultant:** .....(nimi, amet)  
..... (ettevõtte, telefon, e-post)

**Lõputöö teema:**

(eesti keeles) Desinfitseerimiseseade UV-C valgusega

(inglise keeles) Disinfection device with UV-C light .....

**Lõputöö põhieesmärgid:**

1. Toidu karpide desinfitseerimine
2. Urvida erinevaid UV lampe
3. Projekteerida ning konstrueerida UV desinfitseerimis seade

**Lõputöö etapid ja ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Magistritöö plaani koostamine ning ülesande püstitamine	September
2.	Teoreetiline osa	Oktoober
3.	Projekteerimine	November
4.	Joonised/skeemid	Detsember

**Töö keel:** Eesti keel..... **Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....202....a

**Üliõpilane:** Deivi Tiimus..... ".....".....201....a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Toivo Tähemaa..... ".....".....201....a  
/allkiri/

**Konsultant:** ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

**Programmijuht:** ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel*

# SISUKORD

EESSÖNA .....	7
SISSEJUHATUS .....	8
1    ULTRAVIOLETT VALGUS .....	10
1.1    Kunstlik ultraviolet valgus ehk must valgus	12
1.2    Lühikese lainepikkusega ultraviolet lambid	13
1.3    Ultraviolet led-valgus	14
1.4    Ultraviolet valgusega desinfitseerimine	14
1.4.1        Ultraviolet valgusega desinfitseerimise plussid .....	17
1.4.2        Ultraviolet valgusega desinfitseerimise miinused .....	17
1.5    UV valguse kahjulik mõju	18
2    UV DESINFITSEERIMISSEADME KONSEPTSIOONI TÖÖPÕHIMÕTE .....	20
2.1    Sarnased UV desinfitseerimis kapid	21
2.2 Materjali valik	24
3    MORFOLOOGILINE SKEEM .....	27
4    LAHENDUSKÄIK .....	28
4.1    UV desinfitseerimisseadme projekteerimine	32
4.1.1    Roostevaba resti analüüs	36
4.1.2    Kaane analüüs	38
4.2    Elektriskeem	41
4.3    Tähised	42
5    HINNAKALKULATSIOON .....	43
DPCP162409G.....	43
6    OHUTUSJUHEND .....	44
6.1    Ohutusjuhendi punktid	44
6.2    Milliseid toidukarpe tohib UV desinfitseerimisseadmes puhastada	46
6.3    UV desinfitseerimisseadme paigaldamine	46
6.4    UV desinfitseerimisseadmega töötamine	47
6.5    Kui UV desinfitseerimisseade ei tööta	47
6.6    Juhtpaneel	47
6.7    Puhastus ning hooldus	48
6.8    Raadiohäired	48
6.9    Tehnilised andmed	48
KOKKUVÕTE .....	49
SUMMARY.....	51
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	53
GRAAFILINE OSA.....	55
Joonis 1. Mootori kinnitus puks.....	55

Joonis 2. Mootori tugi.....	55
Joonis 3. Esimene külg.....	55
Joonis 4. Kaas	55
Joonis 5. UV kasti kooste joonis.....	55

## **EESSÕNA**

Käesoleva magistritöö teema on „Desinfitseerimisseade uv-c valgusega“. Teema on välja pakutud Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna: Mehaanika ja tööstustehnika instituudi teaduri Toivo Tähemaa poolt. Antud teema valisin sellepärast kuna teema on praegusel koroonaviiruse kriisi ajal väga aktuaalne ning teema pakkus huvi ka minule. Teema valikul mängisid ka rolli projekteerimine ning Ansys analüüs, mis on edasises elus kasulikud. Soovin tänu avaldada Toivo Tähemaale kelle juhendamisel ja täpsustavatel märkustel sain töös edasi liikuda.

Lõputöö võtmesõnad: desinfitseerimine, UV-C valgus, projekteerimine, UV-C seade, magistritöö

## SISSEJUHATUS

Lõputöö valmis Tallinna Tehnikaülikooli inseneriteaduskonna baasil. Lõputöö teema valiku langetamise osas aitas kaasa pragune ülemaailmne pandeemia olukord. Hiinast valla pääsenud koroonaviirus, mis sai alguse elusloomade müügi turult, kus puuduvad igasugused toidu käsitlemise ja müügi hügieeninõuded. Mistõttu nakatusid inimesed sealt ostetud nakatunud looma liha süües ning kandsid viirust edasi ka teistele inimestele. Magistritöö teemaks on Desinfitseerimisseadme konseptsiooni loomine UV-C valgusega.

Desinfitseerimisseadme eesmärk on puhastada toidukarp UV-C valguse abil igasugustest viirustest, bakteritest, seente ja hallituse eostest, mis ei pruugi tavalise pesemisega hävida. Selleks, et leida desinfitseerimisseadmele UV valgus, mis suudab hävitada baktereid tuleb esmalt uurida natuke lähemalt UV valguse mõju. UV valguse kiirgus jaguneb kolme rühma UV-A, UV-B ja UV-C. UV-A ja UV-B kiirgus tuleneb päikesest, mis jõuab ka maapinnani. UV-C valguse kiirgus on aga tehislilik.

Tehislikud UV-kiirguse allikad on näiteks kõrgrõhu- ja ülikõrgrõhu-elavhõbedalamp, UV-valgusdiodid ja ultraviolettlaserid. Kuna UV-kiirgus suudab põhjustada keemilisi reaktsioone ja ergutada materjalide fluorestsentsi, kasutatakse ultraviolettkiirgust paljudes rakendustes. UV valguse kiirguse lainespekter jääb vahemikku 10-400 nanomeetrit. Viiruste, bakterite, seente ning hallituse eoste hävitamiseks on vaja UV valguse kiirgust 240–280 nm. UV-C valgusega desinfitseerimisel on palju plusse, kuigi ka miinuseid.

Desinfitseerimisseadme konseptsiooni loomisel UV-C valgusega tuleb arvestada, kus seadet kasutama hakatakse. Seadet peab olema võimalikult mugav operaatoril kasutada. Desinfitseerimisseadme uks ei tohi käia ette lahti. Desinfitseerimisseadmesse peab ära mahtuma toidukarp mõõtmetega 300x200x300 mm. On teaduslikult tõestatud, et UV kiirgus mõjub ärritavalt silmadele ning ka nahale seega tuleb arvestada ohtudega, mida UV valguse kiirgus põhjustada võib.

Järgnevalt tuleb desinfitseerimisseadme konseptsiooni loomiseks UV-C valgusega valida materjal, mis sobib antud seadme valmistamiseks. Valida tuleb veel lambipirn, mis sobib just bakterite, viiruste seente ning hallitus eoste hävitamiseks, kuna kõik lambipirnide valgus kiirguse spekter on erinev ning kõik viirused ei reageeri valguse kiirgusele samamoodi. Seega on järgnevalt uuritud erinevaid UV-C valgus lampe, mis sobivad antud seadmesse.

Lahenduskäigus sai proovitud erinevaid variante, mis oleksid kõige sobilikumad ning kasutajasõbralikumad operaatoril kasutada. Veel on lahenduskäigus välja toodud mikrolainahju ning tavalis ahju ukse tüüpi seadmed, mida on operaatoril väga ebamugav kasutada. Kõige paremaks desinfitseerimisseadme konseptsiooniks osutus uks, mis käib

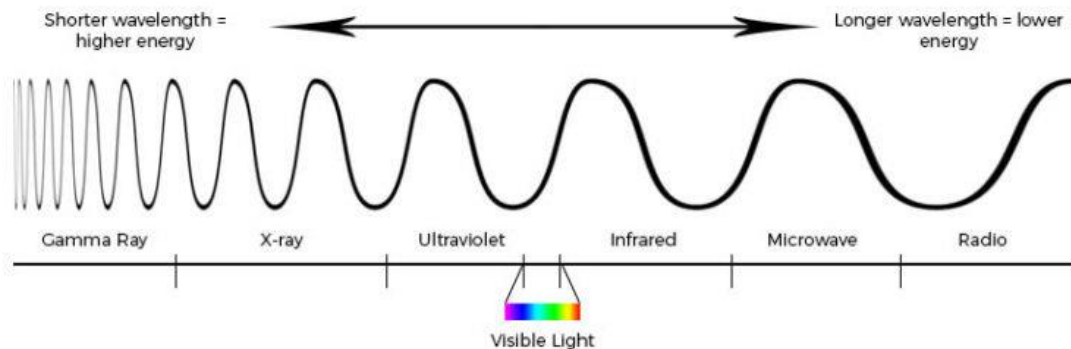


seadmel ülesse ning taha nagu leivakastil. Desinfitseerimisseadme mootorile, uksele ning restile, millele toidukarp asetatakse tehti ka ansys programmis kontrolli arvutused. Lisaks seadme konseptsiooni loomisele tuli koostada ka hinna kalkulatsioon ning desinfitseerimisseadme ohutus ning kasutust juhend.

# 1 ULTRAVIOLETT VALGUS

"Ultraviolett" tähendab "kaugemal olevat violetset valgust" (ladina keeles ultra, "kaugemal"), violetne on aga nähtava valguse kõrgeimate sageduste värv. Ultraviolett on seega kõrgema sagedusega ja lühema lainepikkusega valgus, kui on seda tavaline violetne valgus. Saksa füüsik Johann Wilhelm Ritter avastas 1801. aastal UV-kiirguse, kui ta märkas, et hõbekloriidiga leotatud paberil pimendasid nähtamatud kiired, mis asuvad vaid nähtava spektri violetse otsa kohal kiiremini, kui violetne valgus ise. 1878. aastal avastati, et lühilainepikkusel valgusel on steriliseeriv toime ning sellega on võimalik isegi tappa baktereid ning 1903. aastaks oli selge, et kõike efektiivsemad lainepikkused bakterite hävitamiseks olid umbes 250 nm.

Ultraviolettkiirgus ehk lühendatult UV-kiirgus on elektromagnetkiirgus. UV-kiirguse lainepikkus on väiksem, kui nähtaval valgusel. UV-kiirgus omakorda piirneb violetse valgusega, kuid mille lainepikkus on suurem, kui röntgenkiirgusel. Seega on UV-kiirgus osa elektromagnetlainete spektrist. UV-kiirgus hõlmab endas lainepikkust 100 nanomeetrist (nm) kuni 380 nanomeetrini, vastavalt sagedusele 789 terahertsist (THz) kuni 3 petahertsini (PHz), mis on jaotatud mitmeks alaliigiks. Tabelis esitatud liigituse kõrval on kasutusel ka teistsuguseid jaotusi. Näiteks WHO määratluse järgi ulatub UV-kiirguse ala 1 nanomeetrist kuni 400 nanomeetrini. [1]



Joonis 1.1 Ultraviolett valguse lainepikkus [1]

Päikesest tulenevast UV-kiirgusest neeldub atmosfääris peamiselt maad kaitsvast osoonikihis täielikult lühilaineline UV-kiirgus lainepikkusega alla 200 nm. Maapinnani tungib UVA-kiirgus ja vähemal määral ka UVB-kiirgus. Tehislikud UV-kiirguse allikad on näiteks kõrgrõhu- ja ülikõrgrõhu-elavhõbedalamp, UV-valgusdiodid ja ultraviolettlaserid. UV-kiirgus tekib ka näiteks luminofoorlampides, kus selle kiirguse muundab nähtavaks valguseks lambi klaaskesta sisepinnale kantud luminofoor. Kuigi pika lainepikkusega ultraviolettkiirgust ei peeta ioniseerivaks kiirguseks, kuna selle footonitel puudub energia aatomite ioniseerimiseks,

võib see siiski põhjustada keemilisi reaktsioone, mille tulemusena tekib hõõgumine või fluorestsents. Lühilaine ultravioletvalgus kahjustab DNA-d ning steriliseerib pindu, millega see kokku puutub.

Ultraviolettkiirguse elektromagnetilist spektrit (kõige laiemalt määratletud 10–400 nanomeetrit) võib jagada mitmesse vahemikku, mis on välja toodud all olevas tabelis (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Ultraviolet valguse erinevad lainepikkused [2]

Nimetus	Lühend	Lainepikkus (nm)	Footoni energia (eV, aJ)	Märkused
Ultraviolet A	UVA	400–315	3.10–3.94 (0.497–0.631)	Pika lainepikkus, must valgus, mida osoonikiht ei absorbeeri: pehme UV
Ultraviolet B	UVB	315–280	3.94–4.43 (0.631–0.710)	Keskmine lainepikkus, enamasti osoonikihti neeldunud: keskmine UV; Dorno kiirgus
Ultraviolet C	UVC	280–100	4.43–12.4 (0.710–1.987)	Lühike lainepikkus, desinfitseerija, täielikult absorbeeritud osoonikihti ja atmosfääri: tugev UV
Kõige lähemal ultraviolettkiirgus	NUV	400–300	3.10–4.13 (0.497–0.662)	
Keskmine ultraviolettkiirgus	MUV	300–200	4.13–6.20 (0.662–0.993)	
Kauge ultraviolettkiirgus	FUV	200–122	6.20–10.16 (0.993–1.628)	
Vesinik Lyman-alfa	H Lyman- $\alpha$	122–121	10.16–10.25 (1.628–1.642)	Spektrijoon lainepikkusel 121,6 nm, 10,20 eV. Ioniseeriv kiirgus lähematel lainepikkustel
Vaakum ultraviolet	VUV	200–10	6.20–124 (0.993–19.867)	Tugevalt imendub atmosfääri hapnikus, läbi lainepikkuse 150–200 nm võivad levida lämmastiku kaudu
Ekstreem ultraviolettkiirgus	EUV	121–10	10.25–124 (1.642–19.867)	Mõningate määratluste kohaselt täielikult ioniseeriv kiirgus; täielikult atmosfääri imendunud

Kuna UV-kiirgus suudab põhjustada keemilisi reaktsioone ja ergutada materjalide fluorestsentsi, kasutatakse ultraviolettkiirgust paljudes rakendustes. Järgnevalt on välja toodud ultraviolet valguse spetsiifilised lainepikkused, mida kasutatakse.

- 13,5 nm ultraviolettkiirguse litograafia.
- 30–200 nm fotoioniseerimine, ultraviolettkiirgusega fotoelektron-spektroskoopia, standardse integraallülituse tootmine fotolitograafia abil.
- 230–365 nm UV-ID, märgistuse jälgimine, vöotkoodid.

- 230–400 nm optilised andurid, erinevad mõõteriistad.
- 240–280 nm pindade ja vee desinfitseerimine, saastumisest puhastamine (DNA neeldumise tipp on 260 nm juures), bakteritest puhastavad lambid.
- 200–400 nm kohtuekspertiisi analüüs, ravimite avastamine.
- 270–360 nm valgu analüüs, DNA järjestamine, ravimite avastamine.
- 280–400 nm rakkude meditsiiniline vaatamine.
- 300–320 nm valgusteraapia meditsiinis.
- 300–365 nm polümeeride ja trükivärvide kõvenemine.
- 350–370 nm putuka püüdjad (kärbsed köidab kõige rohkem valgus 365 nm juures).

## 1.1 Kunstlik ultraviolet valgus ehk must valgus

Must valguslamp ehk teise sõnaga ka, kui kunstlik valgus kiirgab pika lainega UVA-kiirgust ja vähe nähtavat valgust. Nii nimetatud mustad luminofoorlambid töötavad sarnaselt teistele luminofoorlampidele, kuid nende tööpõhimõte seisneb selles, et kasutatakse toru sisepinnal fosforit, mis eraldab nähtava valguse asemel hoopis UVA-kiirgust. Kunstliku ehk musta valgusega lampides kasutatakse pika lainepikkusega UVA-valguse tekitamiseks elavhõbeda auru, mis põhjustab teatud värvainete ja pigmentide fluorestsentsi. Lambi klaastoru on kaetud tume-lilla filtrimaterjaliga, et blokeerida suurem osa nähtavast valgust, mis mõjub ärritavalt silmadele ning seejuures muutes ka fluorestsentsi kuma ilmekamaks.

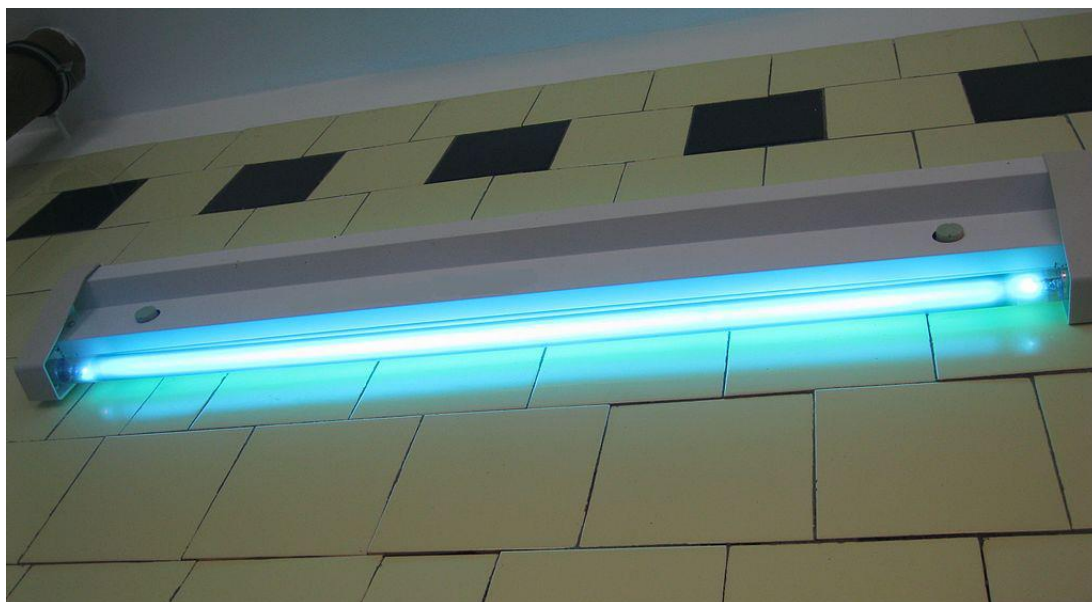


Joonis 1.2 Must ultraviolet valgus

## 1.2 Lühikese lainepikkusega ultraviolett lambid

Lühikese lainepikkusega ultraviolett lambid on valmistatud sulatatud kvartsist koosneva fosforkattega, kuna tavaline klaas neelab lühikese lainepikkusega valgust ehk UVC-d. Tänu lambis sisalduvale elavhõbedale kiirgavad lambid ultraviolettvalgust lainepikkustel 253,7 ja 185 nm. 85–90% nende lampide tekitatavast UV-kiirgusest on lainepikkusel 253,7 nm, ainult 5–10% on lainepikkusel 185 nm. Sulatatud kvartstoru laseb läbi 253,7 nm kiirgus kuid blokeerib see eest 185 nm lainepikkuse, mistõttu on antud lampidel UV-kiirguse tugevus kaks kuni kolm korda suurem võrreldes tavaliste luminofoorlampidega. Nendel kõrgrõhulampidel on kasutegur umbes 30–40%, mis tähendab, et iga 100 vatti elektrienergiat, mida lamp tarbib, annavad nad umbes 30–40 vatti kogu UV-kiirgust. Samuti eraldavad nad elavhõbeda spektrijoonte tõttu sinakasvalget valgust. Neid "baktereid hävitavaid" lampe kasutatakse laialdaselt pindade desinfitseerimiseks laborites ja toiduainetööstuses ning veevarude desinfitseerimiseks.

Nebraska ülikooli andmetel kasutatakse valgustuses luminofoorlampe, mille lainepikkus on 254 nm koos sinise valgusega, mis tekib elektrivoolu läbimisel elavhõbedaurust. Selline UV-kiirgus on nähtamatu, kuid sisaldab rohkem energiat, kui eralduv nähtav valgus. Luminofoorkate neelab luminofoorlambi sees olev ultraviolettvalguse energia ja eraldub uuesti nähtava valguse kujul. Sarnaselt toimivad ka fluorestsentskatttega lambid, mis kiirgavad ultraviolettvalgust, mida saab kasutada pindade desinfitseerimiseks, kuna ultraviolettkiirguse ioniseeriv toime suudab hävitada enamus baktereid. [3]



Joonis 1.3 Elavhõbeda aurudega UV lamp, mida kasutatakse lihatööstuses

### 1.3 Ultraviolett led-valgus

Valgusdioode ehk led'e toodetakse, et ultraviolett valguse kiirgust edasi kanda. 365 nm ja pikema lainepikkusega UVA led'e, mille efektiivsus on 50% 1000 mW väljundis kasutatakse üha enam tootmises, mille eesmärgiks on UV-kiirguse käes materjali kõvemaks muutmine. UVC led'e kasutatakse aga desinfitseerimisel, mida tuntakse, kui ka baktereid hävitavate lampidena. Veel kasutatakse ka UVC led valgus deuteeriumlampide asendamiseks vedelikkromatograafia seadmetes. UVC valgusdiodid on turul suhteliselt uued ning alles koguvad populaarsust. Oma monokromaatilise olemuse tõttu, mis on  $\pm 5$  nm sobivad led'id desinfitseerimiseks. Kuigi desinfitseerimiseks vajalik spetsiifiline lainepikkus kõigub 5%, peab siiski meeles pidama, et bakterite tundlikkus konkreetse UV-lainepikkuse suhtes on erinev. Valgusdiodides pole elavhõbedat ning sisse ja välja lülitamine toimub lihtsalt. [4]



Joonis 1.4 Baktereid hävitav LED lamp [5]

### 1.4 Ultraviolett valgusega desinfitseerimine

Tänapäeval kasutatakse ultraviolett lampe bioloogilaborites ja meditsiinasutustes kasutatavate tööruumide ja tööriistade steriliseerimiseks. Müügil olevad madala rõhu all olevad elavhõbedaauru lambid kiirgavad umbes 86% oma kiirgusest 254 nanomeetri juures.

Antud lainepikkuste UV kiirgus kahjustab bakterite mikroorganismi DNA-d, nii et see ei saa enam edasi paljuneda, muutes selle kahjutuks. Kuigi bakterite ja viiruste organism ei pruugi siiski olla hävitatud. Kuna bakterite ja viirsute mikroorganisme on erinevaid ning nad reageerivad UV lainepikkustele erinevalt siis seepärast kasutatakse neid lampe ainult täiendusena teistele steriliseerimis meetoditele.

UV-kiirgust kasutatakse tavaliselt reoveepuhastites desinfitseerimiseks ja see on leidnud üha suuremat kasutust ka joogivee puhastamisel. Paljud allikavee villijad kasutavad oma vee puhastamiseks UV-desinfitseerimisvahendeid. UV kiirgus ja kõrgem veetemperatuur hävitavad vees leiduvaid organisme. Ultraviolettkiirgust kasutatakse mitmetes toiduprotsessides soovimatute mikroorganismide hävitamiseks. Impulssvalgus (PL) on meetod mikroorganismide hävitamiseks pindadel, kasutades intensiivse laia spektriga impulsse, mille UV-C kiirgus jääb vahemikku 200–280 nm. Impulssvalgus töötab ksenoonlampidega, mis võivad välku tekitada mitu korda sekundis. Desinfitseerimisrobotid kasutavad impulss-ultraviolettkiirgust.

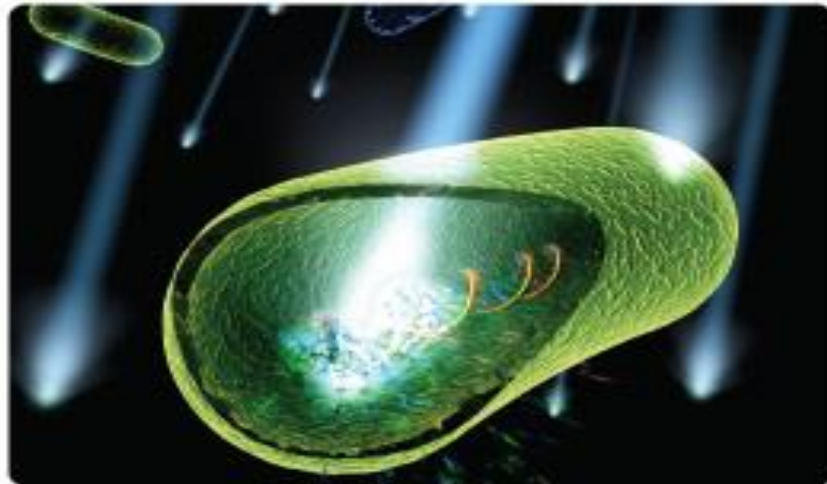
Asjade ja pindade desinfitseerimiseks sobivad kõige paremini UV lambid, mis sisaldavad elavhõbeda aure. Madala rõhu all oleval elavhõbeda aurul on tugev UV kiirgus lainepikkusel 254 nm, mis on ükstugevamaid lainepikkusi desinfitseerimiseks. Desinfitseerimise optimaalsed lainepikkused, mis suudavad hävitada baktereid ja viirusi on ligikaudu 270 nm. Elavhõbeda aurulampe võib liigitada kas madala rõhu (sh amalgaami) või keskmise rõhuga lampide hulka. Madalrõhuga UV-lambid on kõrgema kasuteguriga (umbes 35% UV-kiirgust), kuid võimsuselt väiksemad, tavaliselt 1 W / cm energiatihedust (võimsus kaarepikkuse ühiku kohta). Amalgaami UV-lampides kasutatakse elavhõbedasurve kontrollimiseks amalgaami, mis võimaldab töötada mõnevõrra kõrgemal temperatuuril ja võimsusel. Need töötavad kõrgemal temperatuuril ja nende kasutusiga on kuni 16 000 tundi. Nende kasutegur on aga pisut madalam, kui traditsiooniliste madala rõhuga lampide oma (umbes 33% UV-kiirgus) ja võimsustihedus on umbes 2–3 W / cm. Keskmise rõhuga UV-lambid töötavad palju kõrgemal temperatuuril (kuni umbes 800 kraadi Celsiuse järgi) ning neil on polükromaatiline väljundspekter ja kõrge kiirgustugevus, kuid madalam UVC-efektiivsus, mis on kuni 10% vähem võrreldes teiste lampidega. Tüüpiline võimsustihedus on 30 W/cm<sup>3</sup> või rohkem. [6] Teaduslikult on tõestatud, et UV valgusega saab edukalt hävitada järgmiseid viiruseid ning baktereid, mis on välja toodud all olevas tabelis (Tabel 1.2). Tabelis välja toodud viirused ning bakterid võivad levida väga lihtsalt nakkuskandjalt teisele inimesele. Seega on UV valgusega desinfitseerimine kõige lihtsam viis antud bakteritest, eriti toiduainete tööstuses vabanemiseks.

Tabel 1.2 UV steriliseerimine [7]

Liik	Nimetus	Aeg s	Liik	Nimetus	Aeg s
Bakter	Antratsiit	0,30	Bakter	Tuberkuloosi batsillid	0,41
	Difteeria	0,25		Vibrio koolerae	0,64
	Klostriidium	0,33		Pseudomonas sp	0,37
	Klostriidium botuliin	0,80		Salmonella spp	0,51
	Shigella	0,15		Soolepalavik	0,41
	E. coli	0,36		Salmonella tüüfimurium	0,53
Viiruse sarnane	Adenoviiirus	0,10	Viiruse sarnane	Gripiviirus	0,23
	Faagi sünteetiline viirus	0,20		Polioviirus	0,80
	Coxsackie viirus	0,08		Rotaviirus	0,52
	Love Ke viirus	0,73		Tubaka mosaiikviirus	0,16
	Love Ke virus I	0,75		B-hepatiidi viirus	0,73
Hallituse spoorid	Aspergillus niger	6,67	Hallituse spoorid	Pehmed eosed	0,33
	Aspergillus spp	0,73-8,80		Penitsillium	2,93-0,87
	Seened	4,0		Toksigeenne penitsillium	2,0-3,33
	Mukorükoos	0,23-4,67		Penicilliumi muud seened	0,87
Vesi vetikad	Sinivetikad	10-40	Vesi vetikad	Parametsium	7,30
	Klorella	0,93		Rohelised vetikad	1,22
	Nematoodi munad	3,40		Algloomad	4-6,70
Kala haigus	Seenhaigus 1	1,60	Kala haigus	Nakkuslik pankrease nekrooshaigus	4,0
	Leukoplakia	2,67		Viiruslik hemorraagiline palavik	1,6

Ultravioletvalgusega desinfitseerimise tagajärjel saavad mikro organismid nukleiinhapete kahjustusi. (Joonis 1.5). Lühikese lainepikkusega UV valgusega seotud kõrge energia, mis on peamiselt 254 nm juures, neeldub raku RNA ja DNA-sse. UV valguse neeldumine mikro organismi moodustab külgnevate nukleotiidide vahel uusi sidemeid. Kõrval asuvate molekulide, eriti tümiini, dimeriseerumine on kõige levinum fotokeemiline kahjustus. Bakterite ja viiruste DNA-s moodustatakse arvukalt tümiini dimeere, mis takistavad uute mikro organismide paljunemist ja ja tervete rakkude nakatumist. [8]





Joonis 1.5 UV valgus kahjustab viirus organismi DNA'd [8]

#### **1.4.1 Ultraviolett valgusega desinfitseerimise plussid**

- UV valgus suudab hävitada 99,99% bakteritest, viirustest, seenhaigustest, hallitusest ning batsillidest.
- UV valgusega desinfitseerimine ei ole toksiline.
- UV valgusega desinfitseerimine on äärmiselt efektiivne desinfitseerimise vorm.
- UV valgusega desinfitseerimine suudab hävitada ja peatada bakterite ning viiruste patogeenide paljunemine ilma, et neil tekiks UV valguse vastu immuunsus.
- UV valgusega desinfitseerimine ei pea olema kaasaskantav.
- UV valgusega desinfitseerimine on taskukohane.
- UV valgusega desinfitseerimine on ohutu.
- UV valgusega desinfitseerimine on pigem füüsiline protsess, kui keemiline desinfitseerimisvahend; seega kaob vajadus käidelda, transportida või ladustada mürgiseid ja ohtlikke või söövitavaid kemikaale.
- UV valgusega desinfitseerimine on kiirem võrreldes teiste desinfitseerimisvahenditega.
- UV valgusega desinfitseerimise seadmed vajavad vähem ruumi, kui muud desinfitseerimisseadmed.
- UV valgusel ei ole lisatud kemikaale, mis võivad maitset, lõhna ja värvi mõjutada ning pole vaja hiljem uuesti puhastada. [9]

#### **1.4.2 Ultraviolett valgusega desinfitseerimise miinused**

- Liiga madal UV kiirus, ei pruugi kõiki viiruseid, seeni, hallituse eoseid ja baktereid hävitada.

- Osad viirus organismid võivad mõnikord UV kiirguse hävitavat mõju parandada ja ümber pöörata nii öelda parandus mehhanismi kaudu, mis on teadaolevalt fotoaktiveerimine, või valguse puudumisel, mida nimetatakse pimedaks paranemiseks.
- UV valgus lambi pirnide kontrollimiseks on vajalik ennetav hooldusprogramm.
- UV valgus vajab efektiivseks kasutamiseks õiget kogust energiat.
- UV valgus on efektiivne mikroorganismide, mitte kemikaalide jaoks.
- Mõned organismid võivad UV-kiirguse põhjustatud fotokeemilisi kahjustusi parandada.

[10]

Kuigi UV valgusega desinfitseerimisel on siiski mõningaid miinuseid, ületavad plussid igati UV valgusega desinfitseerimise negatiivsed omadused. Mistõttu on UV valgusega desinfitseerimine kõige lihtsam viis vabanemaks bakteritest, pisikutest, viirustest ning õhus levivatest hallitus ja seente eostest. [10]

## 1.5 UV valguse kahjulik mõju

Järgnevalt on välja toodud all olevas tabelis (Tabel 1.3) UV valguse kahjulik mõju inim organismile ning mida see võib põhjustada, kui UV valgusega kokkupuude on liiga suur.

Tabel 1.3 UV kahjulikus [11]

UV-tüüp	Silmas	Nahal
UVA	Fotokeratiit Fotokonjunktiviit. Kae. Valgusest põhjustatud võrk kestakahjustus.	Erüteem Elastoos (fotovananemine). Pigmenti kohene tumenemine. Nahavähk.
UVB	Fotokeratiit. Fotokonjunktiviit. Kae.	Erüteem. Elastoos (fotovananemine). Nahavähk.
UVC	Fotokeratiit Fotokonjunktiviit.	Erüteem. Nahavähk.

Silm on ultraviolettkiirguse kahjustuste suhtes kõige tundlikum just UVC lainepikkusel, mis on vahemikus 265–275 nm. Antud lainepikkuse kiirgus päikesevalguses peaaegu puudub, kuid seda leidub keevitaja kaarevalgustes ja muudes kunstlikes UV valgus allikates. Nendega kokkupuude võib põhjustada kaarsilma (fotokeratiit) ning põhjustab katarakti, pterüüria ja pinguekula moodustumist. Fotokeratiidi sümptomiteks on valu või punetus silmades, ärritus tunne silmades, peavalud, ajutine nägemis kaotus ning värvide nägemis muutus. [12]

Seetõttu ongi väga tähtis valida UV desinfitseerimisseadmele uks, mis ei lase läbi UV kahjulike valguskiiri, mis võivad kahjustada töötaja silmi. Samuti on väga tähtis, et UV lambid ei töötaks ajal, kui töötaja asetab karbi desinfitseerimiseks seadmesse ning ka ajal, kui töötaja võtab kapist juba desinfitseeritud karbi. Kuna väga väikene kokkupuude UVC valgusega võib põhjustada väga kiirelt naha kahjustusi. Sellepärast tuleb UV desinfitseerimisseadme ehitamisel väga tõsiselt jälgida ohutusnõudeid töötajate tervisele. [11]

## **2 UV DESINFITSEERIMISSEADME KONSEPTSIOONI TÖÖPÕHIMÕTE**

On teaduslikult tõestatud, et UV kiirgus suudab hävitada baktereid ning viiruseid. Sarnast desinfitseerimis meetodit kasutatakse meditsiini tööstuses kirurgiliste tööriistade, kui ka toiduainet tööstuses nugade ja kahvlite desinfitseerimiseks. On väga tähtis, et vahendid, millega inimesed kokku puutuvad oleksid puhtad ning desinfitseeritud. Kuna bakterid, hallitus ja seente eosed ning viirused võivad saastunud seadmetelt mida käsitletakse edasi levida. See võib aga omakorda põhjustada nakatumisi ning haigestumisi, mis võivad olla ohtlikud inim organismile.

UV desinfitseerimisseadme eesmärk on kasutada seadet toiduainete tööstuses, kus seadme eesmärk on desinfitseerida kliendi poolt antud karp, kuhu hiljem tõstetakse kliendi poolt valitud söök, mida klient osta soovib. Klient annab töötajale oma karbi ning ennem toidu karpi panemist desinfitseerib töötaja kliendi antud karbi UV seadmes. Töötaja avab UV seadme ukse ning asetab desinfitseerimist vajava karbi seadmesse. Nii, kui uks sulgub hakkab tööle UV valgus ning karpi desinfitseeritakse. Kui desinfitseerimis protsess on valmis annab sellest märku roheline märgu tuli. Desinfitseerimise ajal põleb punane tuli, mis annab operaatorile märku, et UV desinfitseerimisseade on hetkel töös.

UV desinfitseerimisseade on mõeldud desinfitseerimaks plastmassist valmistatud toidukarpe. Toidukarbi maksimum mõõdud on 300x300 mm. UV desinfitseerimisseadme loomisel peab silmas pidama ergonoomikat ning seadet peab olema võimalikult lihtne operaatoril kasutada. UV desinfitseerimisseadme disainimisel tuleb analüüsida mitmeid võimalusi, kuidas on kõige lihtsam operaatoril seadme ust avada nii, et see ei võtaks palju ruumi. Erilist tähelepanu tuleb pöörata UV desinfitseerimisseadme materjalile, millest seade valmistada. Seadme korpus peab olema tugev ning vastu pidama UV valgusele. Kuna UV desinfitseerimisseadme uks on läbipaistev siis tuleb materjali valides hoolikalt silmas pidada, et UV desinfitseerimis kapi töötamise ajal ei kahjustaks UV valguse kiired operaatori silmi ning nahka, kuna desinfitseerimiseks vajalik UV valgus on nahale ning silmadele väga kahjulik. Tuleb arvestada, et operaator avab kapi ukse ning sisestab karbi desinfitseerimiseks seadmesse. Peale karbi sisestamist UV desinfitseerimisseadmesse ning ukse sulgemist läheb tööle punane LED pirn, mis annab märku, et kapis on alustatud desinfitseerimis tsükkliga. Nii, kui uks on sulgunud ning punane LED põlema läinud hakkavad automaatselt tööle UV desinfitseerimis lambid. Seadmes on kaks UVC lambipirni, mis on asetatud UV desinfitseerimisseadme põhja horisontaalselt ning, mille peal on roostevabast terasest rest

UV desinfitseerimiseade on ohu korral varustatud automaatse lampide välja lülitus süsteemiga juhuks, kui keegi avab ukse desinfitseerimise ajal. Lambid süttivad iga kord uuesti, kui uks suletakse ja töötlemist jätkatakse määratud töötaja jooksul, desinfitseerimistsükli ja järgmise tsükli vahel on võimalik vastavalt vajadustele seada pausiaeg, pärast mida lülituvad lambid automaatselt sisse uueks desinfitseerimise tsükliks, et säilitada pikka aega steriilsus. UV desinfitseerimisseadmel on ka ekraan, mis kuvab desinfitseerimiseks järele jäänud aega. Kui karp on desinfitseeritud lülituvad automaatselt UV lambid välja ning põlema süttib roheline LED, mis annab märku, et desinfitseerimine on läbi ning töötajale ohutu, mis võimaldab töötajal turvaliselt karbi desinfitseerimisseadmest välja võtta.

## 2.1 Sarnased UV desinfiseerimis kapid

Antud desinfitseerimis kapp on mõeldud nugade desinfitseerimise jaoks. Valmistatud roostevaba terasest AISI 304, millel on läbipaistev pleksiklaasist uks ja steriliseerimine toimub UV lambiga. UV lamp lülitub automaatselt välja, kui avada uks. Esmapilgul tundub, et nuge saab pesuvahenditega lihtsalt veega pesta, kuid see pole kaugeltki nii. Nagu praktika näitab, ei ole see lähenemine piisavalt tõhus. Selleks, et vältida toidu saastumist kahjulike mikroobidega, tuleb noad regulaarselt steriliseerida. Ultraviolettkiirgust kasutatakse mikroobide, bakterite ja viiruste tõhusaks hävitamiseks ning eemaldamiseks noa pinnalt. [13]



Joonis 2.1 Nugade steriliseerimis kapp [13]

Elektrilist UV desinfitseerijat kasutatakse, et puhastada ning steriliseerida seadmeid salongides, kliinikutes ja tätoveeringupoodides. Nagu näiteks nõelad, skalpellid, puurid, mis peavad olema puhtad ja steriliseeritud enne, kui võib nendega tööd alustada. Desinfektsiooni olulisuse tõttu on nendes kohtades UV desinfitseerija asendamatuks tööriistaks, kuna tavaliste steriliseerimis vahenditega seadmeid puhastades läheb palju aega. Valge pulbervärv annab seadmele veetleva välimuse ning teeb selle korrosioonikindlaks. UV desinfitseerimis seade on topelt plaatidega, mida on lihtne puhastada ja paigaldada. Kui uks on avatud, lülitab UV valgus end ise automaatselt välja. Sisseehitatud ultraviolettkiirgus hävitab enamiku bakteritest kuid on oma välimuselt suur ja robustne ning meenutab mikrolaineahju ning kaalub 43 kg, mis on küllaltki raske. [14]



Joonis 2.2 Seadmete UV steriliseerimis kapp [14]

UV steriliseerimis seade. See aparaat on spetsiaalselt välja töötatud elektroodide, pintslite, käsnade, kääride ja muude salongitarvikute UV desinfitseerimiseks Oma välimuselt jällegi üsna robustne ning UV desinfitseerimis kappi tuleb käsitsi sisse ja välja lülitada. [15]



Joonis 2.3 UV steriliseerimis seade. [15]

RDS-30 on kompaktne desinfitseerimisvahend, mis on mõeldud kuue UVC-pirni kasutamiseks selliste esemete nagu teleri kaugjuhtimispultide mobiiltelefonide ja tahvelarvutite desinfitseerimiseks. Kompaktne kujundus, kaalub ainult 8,2 kg ja mõõdud on 46 × 32 × 35 mm. Kaalult küll kergem, kuid ebamugav ning suur. Uks käib ette lahti, mis on suureks takistuseks ning jääb segama. Visuaalne, heli ja digitaalne displei annab teada, palju on aega jäänud desinfitseerimis lõpuni. [16]



Joonis 2.4 RDS-30 [16]

## 2.2 Materjali valik

Roostevabad terased on tuntud oma vastupanu poolest korrosioonile. Selle omaduse kombineerimine tugevuse ja vähese hooldamise vajadusega teeb neist sobiva lahenduse paljudele probleemidele. Neid kasutatakse kõikjal – alates konstruktsioonidest ja hoonetest kuni meditsiini- ning toidutarveteni välja. Korrosioon sööb metalli ning seeläbi kannatab konstruktsiooni kandevõime. Tihtipeale võib rooste vältimine seetõttu oluliselt konstruktsiooni eluiga pikendada. Roostevabad terased on eriti sobivad puhtust nõudvates keskkondades. Sealhulgas ka eelmainitud meditsiini- ja toiduvaldkonnas. Esiteks ei reageeri nad hapetega, milleks on näiteks apelsinimahla. Teiseks on sellisest materjalist valmistatud kirurgilisi vahendeid ja tööpindu hea puhastada, kasutades sobivaid kemikaale. Roostevabad terased ei vaja värvikihti, et neid kaitsta. Seega on ilus metalne välimus võimalik ilma kiire roostetäpikete tekketa. Roostevaba terase puhul moodustab kaitsekiht end aga ise. Keemilised reaktsioonid leiavad jätkuvalt aset, aga ei hõlma rauda. Oksüdeerub hoopis kroom, mis iga roostevaba terase sulamisse kuulub (vähemalt 11%). Oksüdeerunud kroom moodustabki kaitsva kihi, mille paksuseks vaid mõni molekuli. Kuigi pealtnäha tühine, on see vägagi vastupidav ning ei reageeri edasi pärast ühendite tekkimist. Kui kiht kahjustada saab, parandab see end ise. Selle protsessi kiirus sõltub kroomisisaldusest.

UV desinfitseerimisseadme korpus ning rest, kuhu peale karp desinfitseerimiseks asetatakse on valmistatud roostevaba terasest AISI-316. AISI-316 on austeniitse struktuuriga happekindel (roostevabateras) teras. Omab suurt keemilist vastupidavust ja on (praktiliselt) mittemagnetiline. Ei ole karastatav termilise töötusega, kuid karastub mehaanilisel külmütöötusel (deformeerimisel). Koostis: süsinik <0,08%, mangaan <2%, räni <1%, fosfor <0,045%, väävel <0,03%, nikkel 10–14%, kroom 16–18%, molübdeen 2–3%. teras. AISI-316 omadused on järgmised:

- Korrosioonikindlus normaalsetes ja kergelt agressiivsetes oludes.
- Väga head omadused madalatel temperatuuridel.
- Head omadused kõrgetel temperatuuridel.
- Lihtne kalestatavus.
- Hea sitkus ja töödeldavus.
- Väga hea keevitatavus.
- Sobivus puhtust nõudvatele keskkondadele.
- Mittemagnetiline

Kasutatakse korrosioonikindlate anumate, torude, seadmete, jms valmistamiseks keemiatööstusele ja toiduainetetööstusele. Seetõttu sobibki antud teras UV desinfitseerimisseadme korpuseks suurepäraselt. [17]



UV desinfitseerimisseadme üks on valmistatud 5mm Makrolon Mono materjalist. Mille lehed on valmistatud läbipaistvatest polükarbonaatlehtedest, ning mõlemal poolel on UV-kiirguse kaitse, mis ei lase UV kiirgust läbi ning kaitseb seejuures töötajate käsi ning silmi. Antud materjalil on 10 aastane ilmastiku kindel garantii ning lisaks veel 10 aastane garantii oma mehaanilistele omadustele. [18]

UV lambi valikut tehes tuli silmas pidada UV lainepikkust ning milline lamp sobiks kõige paremini oma omaduste poolest desinfitseerimiseks. Musta UV valgusega lamp UV desinfitseerimisseadmesse ei sobi, kuna tema valgus on 400 nm ning kuulub UVA valgusgruppi. Samuti kasutatakse antud valguspikkust rohkem putukatele mõeldud UV valgusega püünistes ning reptiilide jaoks akvaariumites. LED UV valgus jaguneb kaheks UVA ja UVC. UVA lambi lainepikkus on 365 nm, mistõttu ei ole antud laine pikkus kõige parem variant viiruste bakterite ning igasuguste seente ning hallitus eoste hävitamiseks. Antud valguse lainepikkust kasutatakse rohkem polümeeride ning materjalide kõvendajana. UVC LED valgust kasutatakse küll bakterite, viiruste ja mikroobide hävitamiseks, kuid kõik bakterid, viirused, seened, hallitused ning batsillid ei pruugi hävida LED valguse käes. Kuna erinevad viirused, seened, hallitused ning bakterid reageerivad UV valgusele erinevalt ning UV led'ide valguse lainepikkuse vahemik kõikgub 5%.

Õhu ning asjade desinfitseerimiseks vajaminev UV valguse doos, mis on piisav bakteritest vabanemiseks arvutatakse välja hinnanguliselt järgmiselt.

$$UV\mu Ws/cm^2 = UV\mu W/cm^2 * S \quad (2.1) [6]$$

kus  $UV\mu Ws/cm^2$  – UV doos  
 $UV\mu W/cm^2$  – UV intensiivsus  
 S - aeg

Järgnevalt on all olevas tabelis (Tabel 2.1) välja toodud sobilikud UV lambid, mis sobivad UV desinfitseerimisseadmesse.

Tabel 2.1 Sobilikud lambid

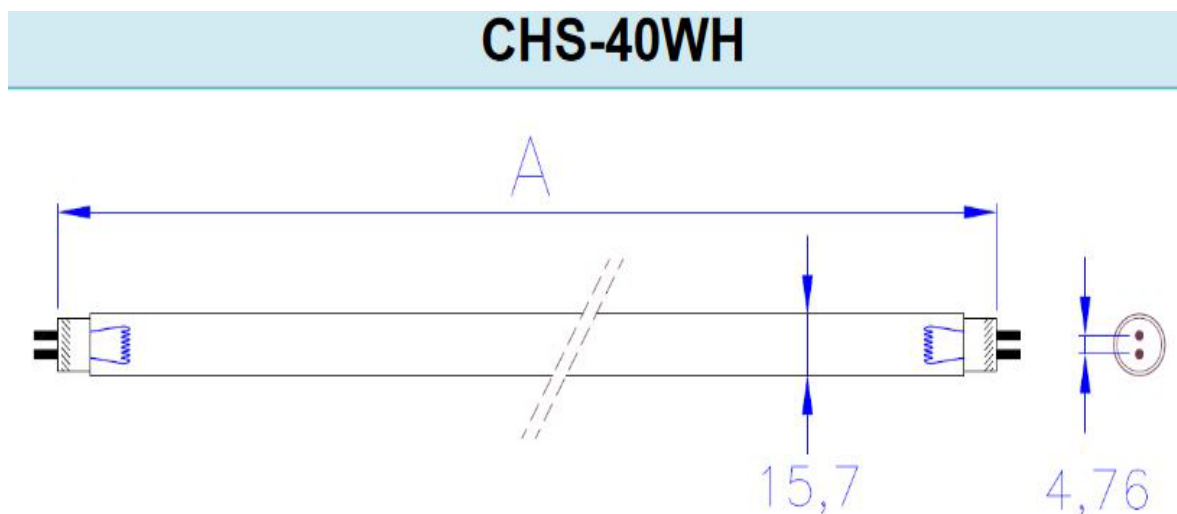
Tüüp	Võimsus W	Diameeter mm	Pikkus mm	Vool A	Eluiga h	UVC $\mu W/cm^2$
GPHHA357T6L [19]	65	19	357	2,1	13000	140
CHS-40WH [20]	40	15,7	437	2,1	18000	150
Germicidal tube [21]	10	15	311	1,8	10000	30
GPHA357T5L [19]	42	19	357	1,2	13000	130
PH436T5L [22]	20	15	438	2,1	10000	120

Vaadates eelnevas tabelis (Tabel 2.1) välja toodud tulemusi valisin UV lambiks CHS-40WH UV lamp 40W, mille UV valguse lainepikkus on 253,7 nm ning, mis hävitab 1–2 sekundiga 99,99% mikroorganisme, sealhulgas baktereid, viirusi ja seeni. Antud UV lamp sai valitud tänu oma omaduste poolest ning kuna tal on poole pikem eluiga, kui ühelgi teisel UV lambil. [20]



Joonis 2.5 UV lamp CHS-40WH [23]

Samuti ei kahjusta UV lamp keskkonda ning vett. Kasutades tippkvaliteetset kvartstoru, spetsiaalset kattetehnikat ja täpset gaasi koostist, hoiavad amalgaamiga UV-tuled stabiilset väljundit ja pikka kasutusiga, mis aitab säästa nii raha, kui ka aega ning energiat. Lihtne hooldada ja vahetada.



Joonis 2.6 UV lambi joonis [23]

### 3 MORFOLOOGILINE SKEEM

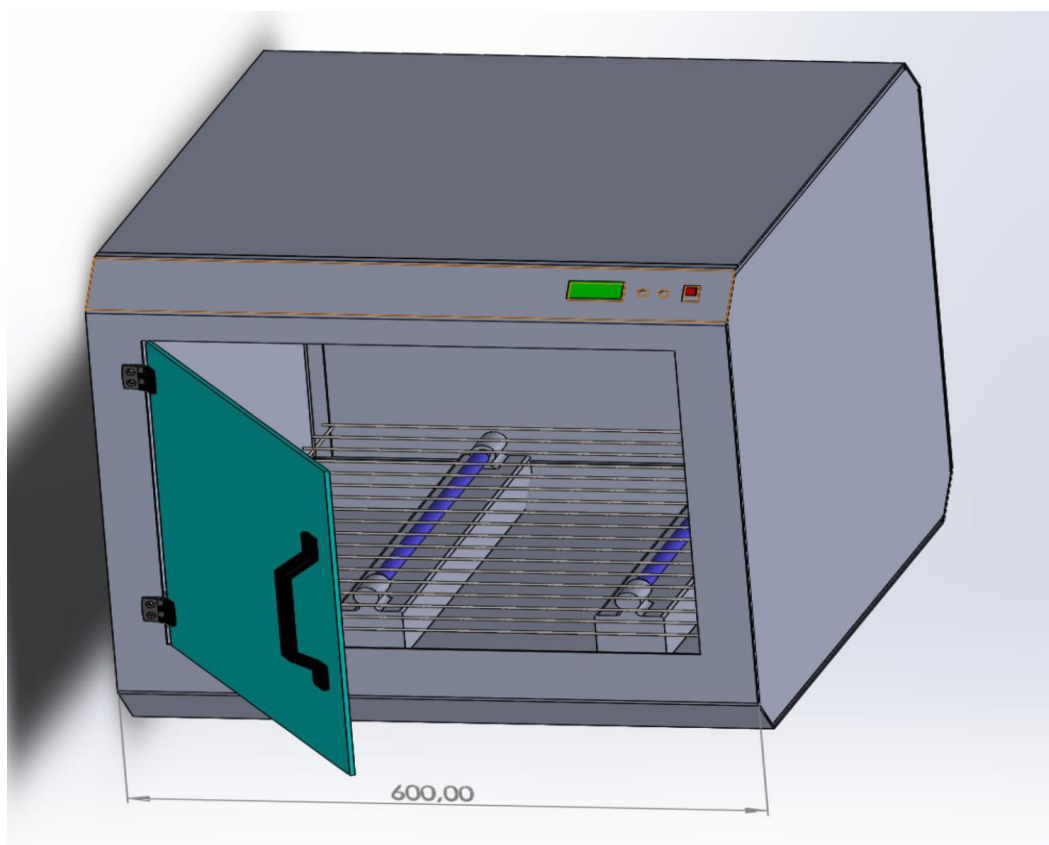
Tabel 3.1 Morfoloogiline skeem kastile

Funktsioon	Lahendus				
Uks	Roostevaba teras	Pleksiklaas	Klaas		
Konstruksioon		Kuup	Silinder	Risttahukas	
Kapi materjal	Teras	Roostevaba teras	Alumiinium	Plastik	
Desifitseerimine	UVC lamp	Piiritus			
Ukse mehhanism	Mootor	Pneumatika	Käsitsi		
Puhastus tsükli alustamine	Mahuandur	Kaaluga	Ukse sulgemisega		
Märguanded	LED-tuli	Kell	Sireen		

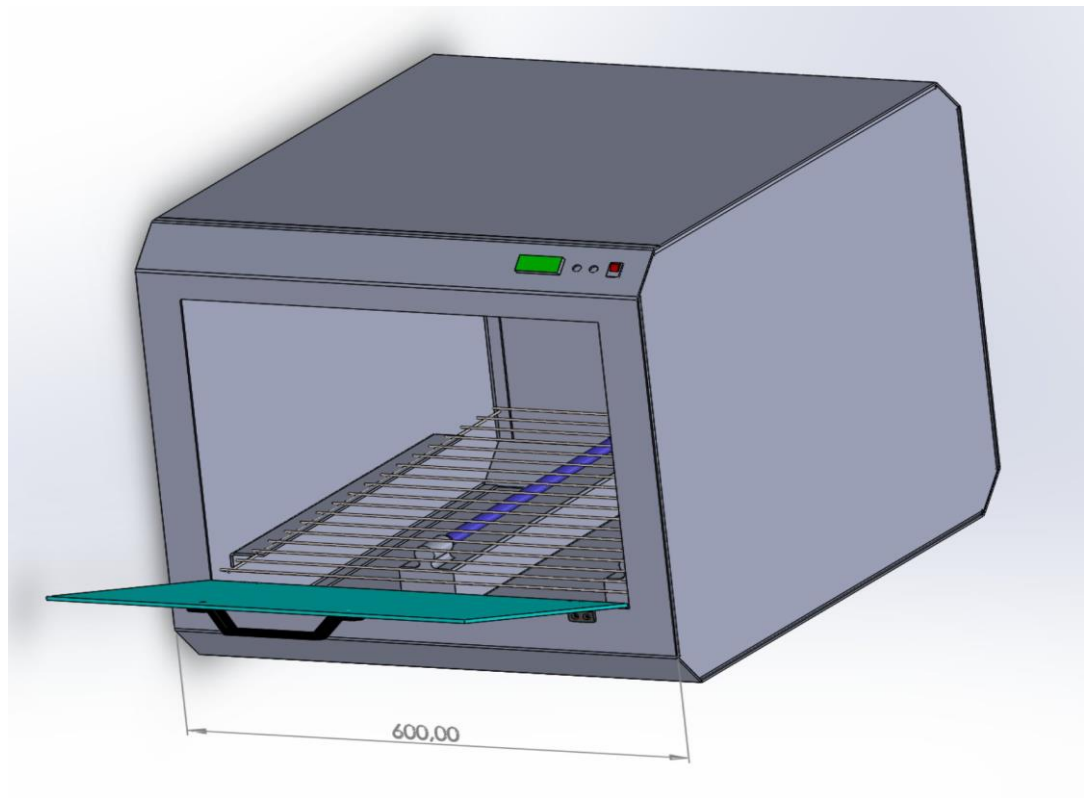
Kapi lahenduseks valitakse: pleksiklaasist uks, – risttahuka kujuline konstruktsioon mis on roostevabast terasest – UVC lamp – elektrimootoriga – ukse sulgemisega – LED tuled

## 4 LAHENDUSKÄIK

UV desinfitseerimisseade on mõeldud desinfitseerimaks plastmassist valmistatud toidukarpe. UV desinfitseerimisseadme korpus on valmistatud 3,5 mm paksusest roostebavast terasest. UV desinfitseerimisseadme loomisel peab silmas pidama ergonoomikat ning seadet peab olema võimalikult lihtne operaatoril kasutada. Seadmele on määratud teatud tingimused. UV desinfitseerimisseadme projekteerimisel tuleb silmas pidada ka ohutsnõudeid, et operaatori tervis ei saaks kuidagi UV kiirguse tõttu kahjustada. UV desinfitseerimisseadme uks ei tohi käia ette lahti (Joonis 4.1), kuna see segab operaatori tööd. Seega jäid ära järgmised ukse lahendused, mis käisid ette. Mikrolaineahju ning tavalise ahju tüüpi ukse lahendus (Joonis 4.2). Mikrolaineahju tüüpi ukst on operaatoril kõige ebamugavam kasutada, kuna uks tuleb täiesti lahti tõmmata.

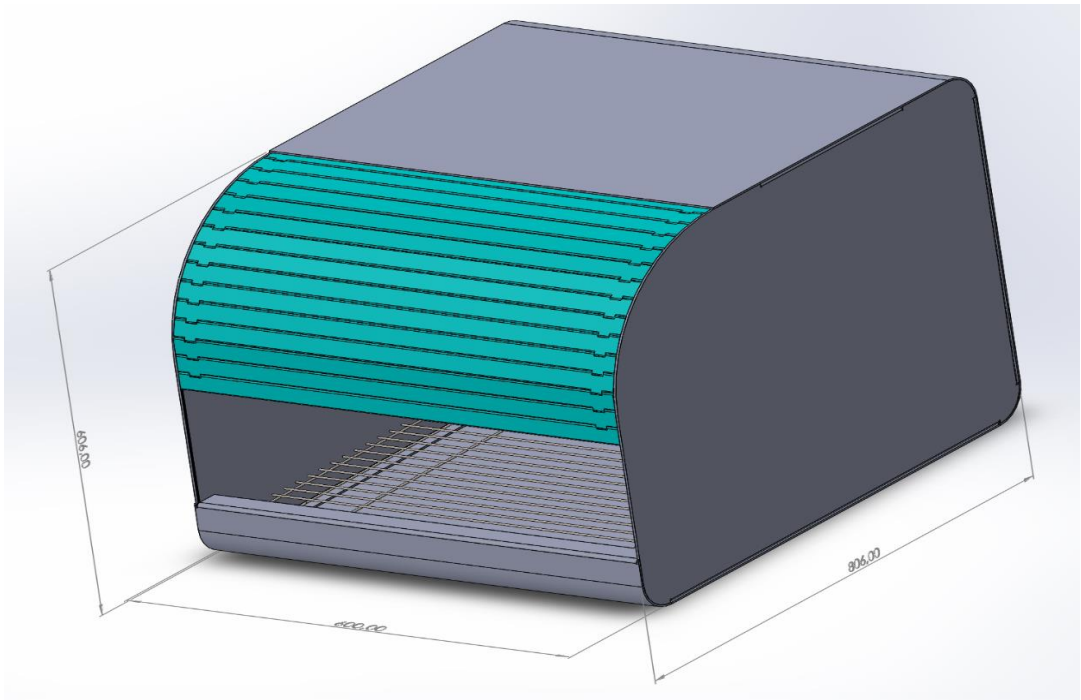


Joonis 4.1 Mikrolaineahju tüüpi ukse lahendus

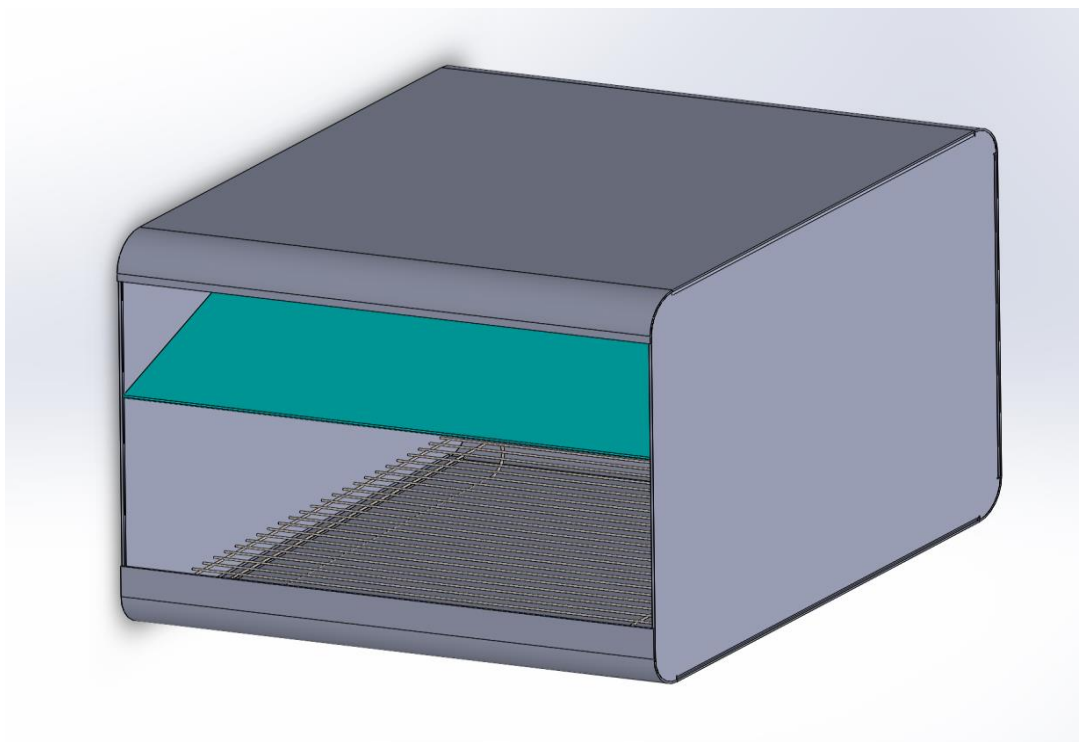


Joonis 4.2 Ahju tüüpi ukse lahendus

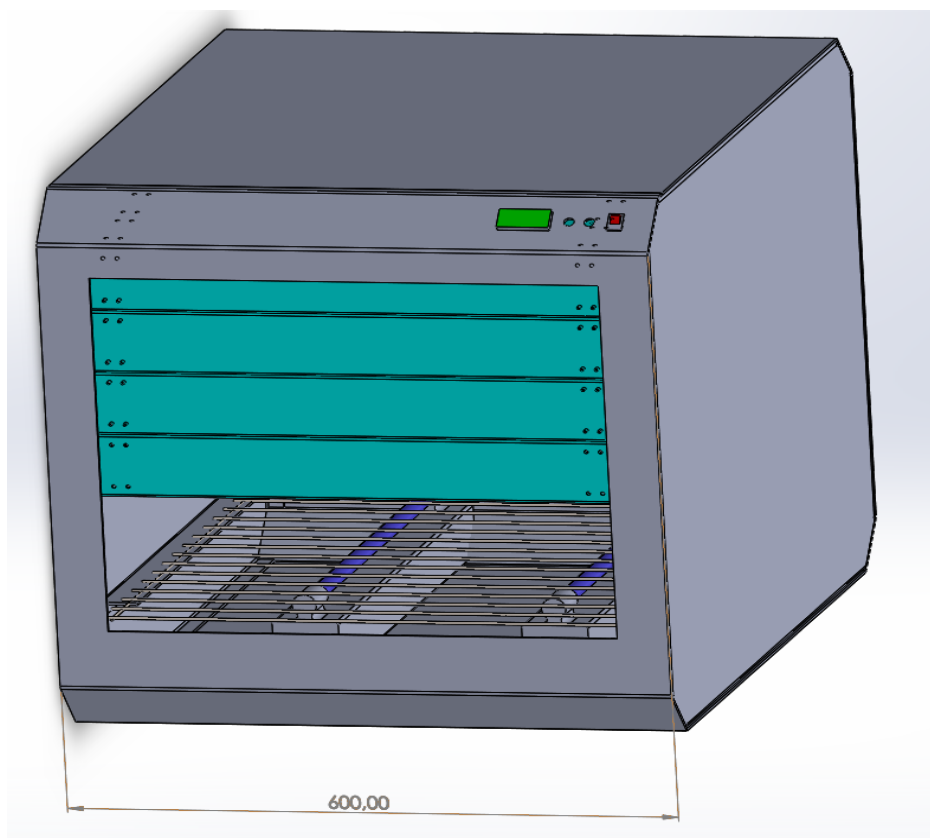
Kuigi ahju tüüpi ust ei pea täielikult avama ning operaator saaks poole ukse avamise pealt asetada toidukarbi desinfitseerimiseks seadmesse on ka see variant siiski ebamugav. Kuna operaator peab käe tõstma üle ukse ning siis asetama karbi desinfitseerimiseks restile. Kuna UV desinfitseerimisseadme uks ei tohi käia ette lahti siis üks variantidest oli teha uks nagu leivakastil (Joonis 4.3). Teine UV desinfitseerimisseadme ukse variant oli nagu garaazi uks, mis liigub ülesse lae alla (Joonis 4.4). Leivakasti tüüpi ukse lahenduskäik polnud kõige parem kuna polükarbonaati, mida kasutatakse uksele on keeruline koostada ning tänu rohkematele detailidele ka suurem hind. Garaazi tüüpi ukse lahendus andis mõtte järgmisele lahenduskäigule. Tõsta uks ülesse otse ette (Joonis 4.7).



Joonis 4.3 Leiva kasti variant



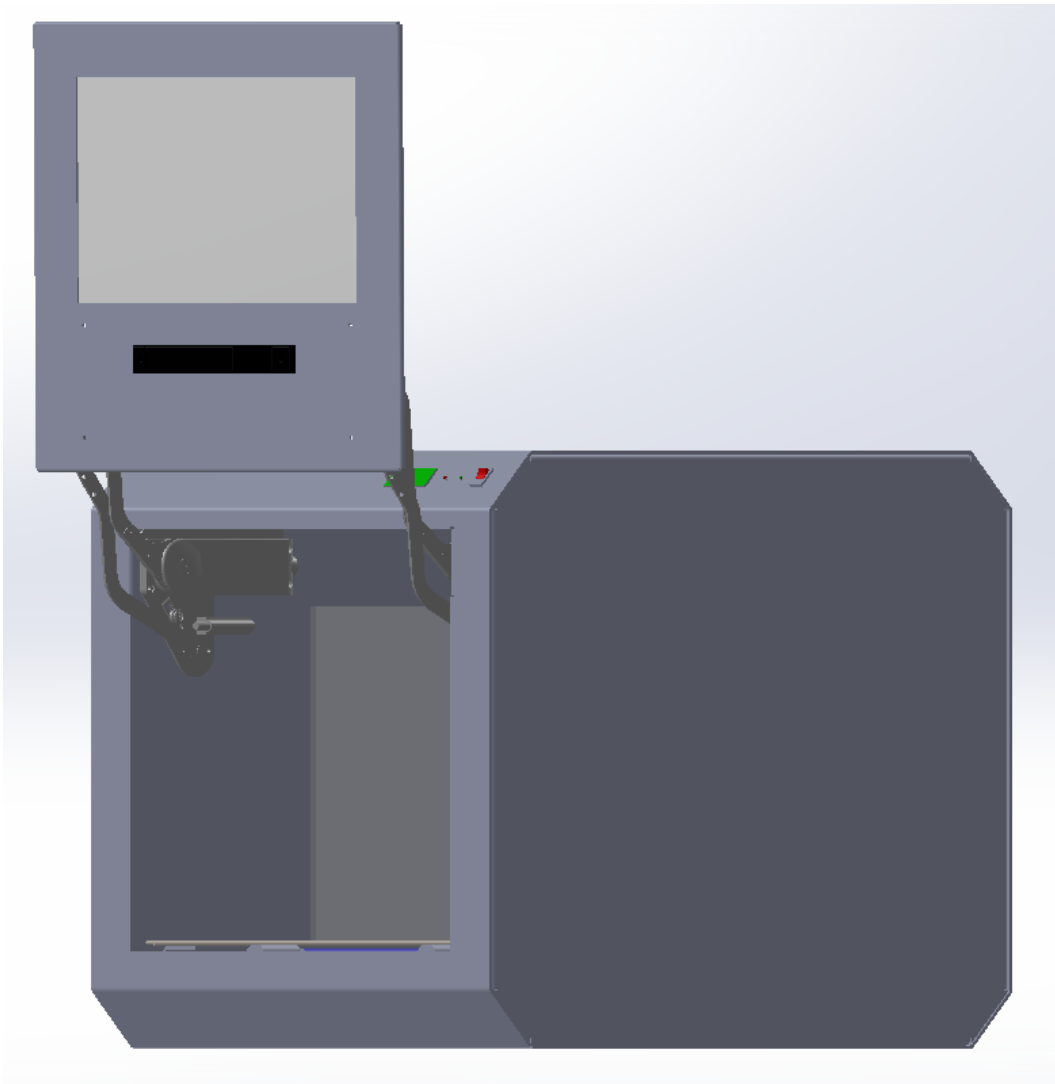
Joonis 4.4 Garaazi ukse variant



Joonis 4.5 UV desinfitseerimisseade



Joonis 4.6 Üles avaneva uksega kinnine variant



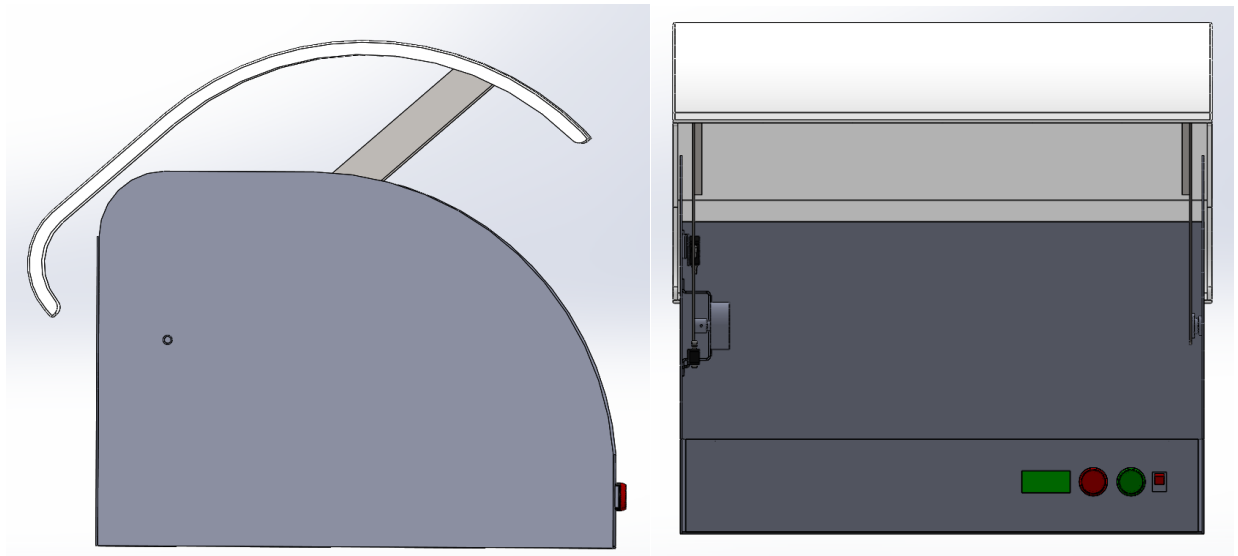
Joonis 4.7 Üles avaneva uksega lahtine variant

Üheks variandiks oli teha UV desinfitseerimisseade, mille uks avaneb ülesse. Algselt oli see idee hea, kuna operaator saab kiirelt ning lihtsalt asetada karbi desinfitseerimiseks seadmesse. Kuid tuleb siiski arvestada, et kapi välimus oleks jäänud robustne ning karbi sisestamisel ning välja võtmisel on piiratud ukse ala. Samuti tuleb siinkohal veel arvestada, kui kõrgele uks ülesse avaneb. See seab aga omakorda piirangud desinfitseerimisseadme asukohale. Nendest variantidest loobuti kuna need näevad välja tavalised ning valitakse järgnevas peatükis projekteeritav seade kuna sellist varianti oli lihtsam motoriseerida.

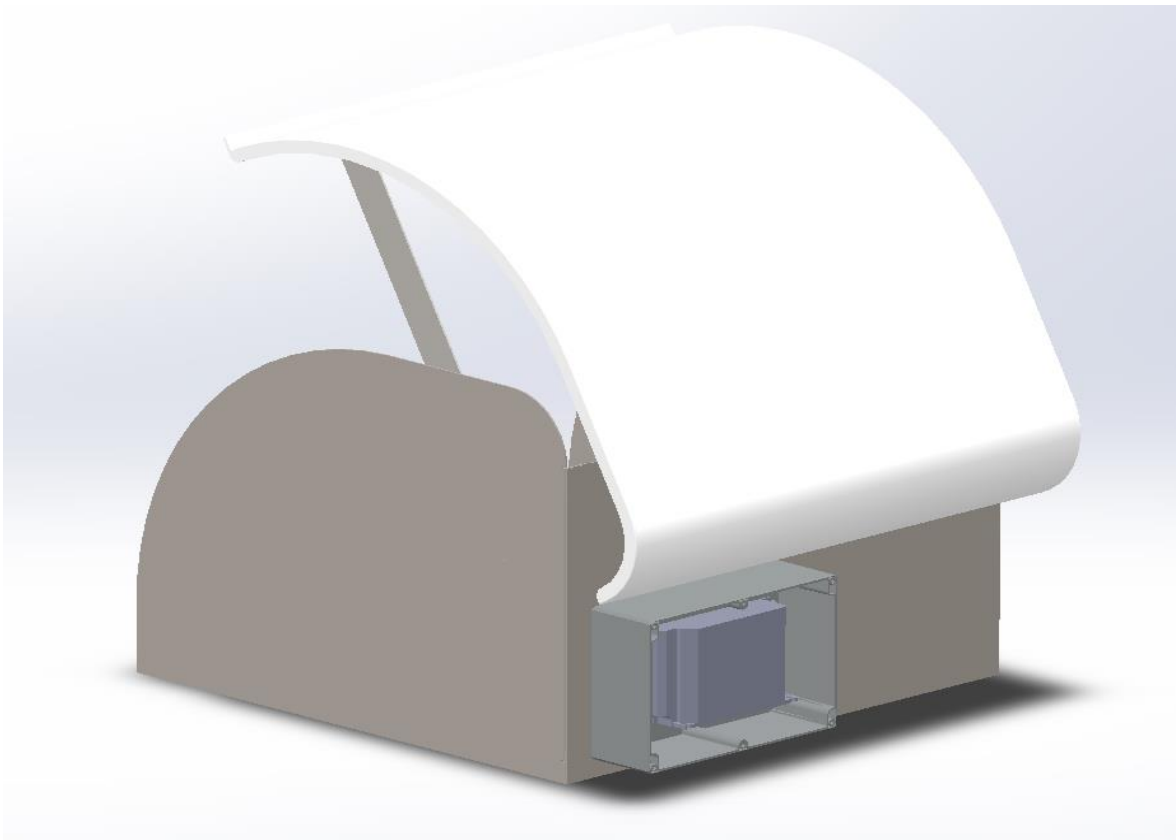
## 4.1 UV desinfitseerimisseadme projekteerimine

Kuna uks ülesse seadis seadmele nii mitmeidki piiranguid, tuli idee ühendada omavahel leivakast ning uks ülesse. UV desinfitseerimisseadme projekteerimisel lähtutakse eelnevalt nimetatud tingimustest ning morfoloogilisest maatriksist valitud tingimustest (Joonis 4.8).

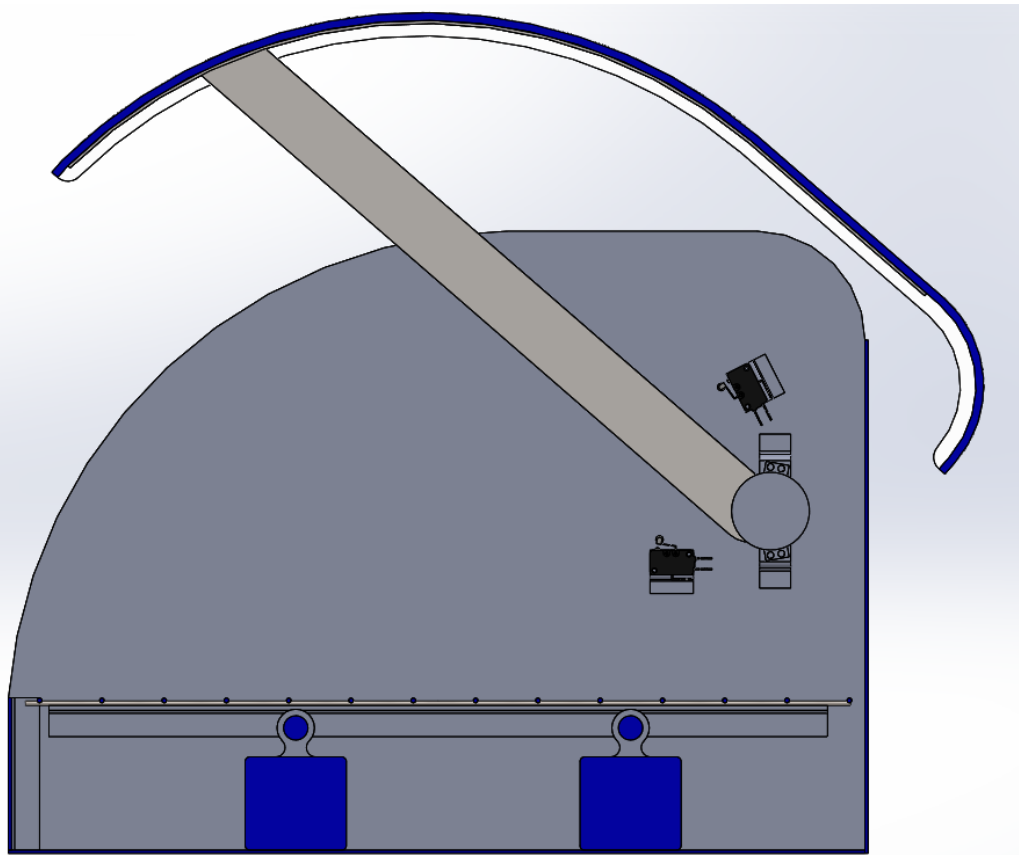




Joonis 4.8 Üles ja taha avaneva uksega UV seade



Joonis 4.7 UV desinfitseerimis seadme vaade tagant poolt.



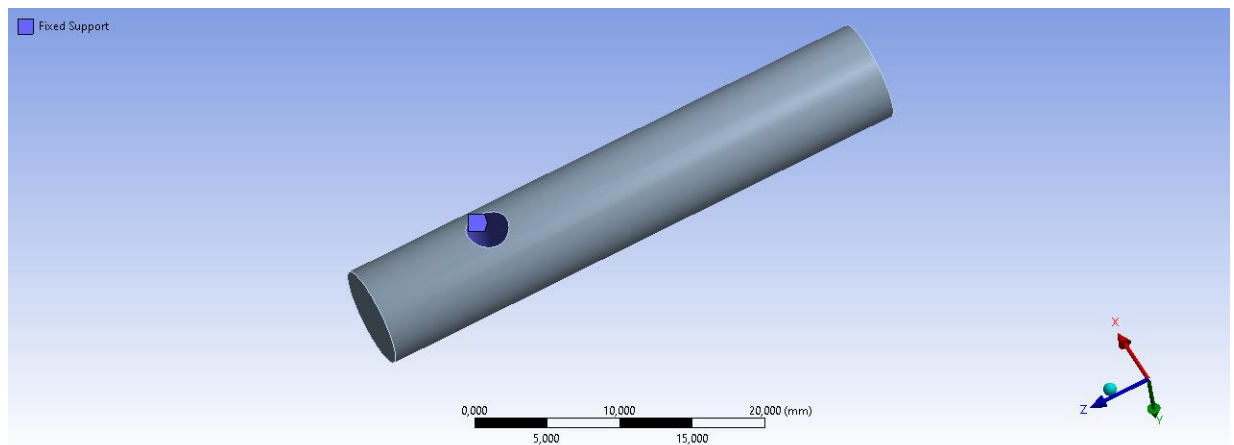
Joonis 4.8 Kasti läbiõige

UV kasti läbilõikest (Joonis 4.8) on näha, et kaane avanemisel ning sulgumisel läheb kaane tugi vastu lüliti mis piirab kaane liikumist. Alumine lüliti toimib ka lülitina UV valgustusele mis alustab oma töö tsüklit kaane sulgemisel.

Teostatud on ka kontrollanalüüs mootori võllile programmis Ansys. Õige momendi jaoks teostatakse järgnev arvutus [24]. Kogu kaane mass mida motor peab liigutama on  $m=3,49$  kg, motor on kinnitatud kaane toe külge läbi puksi mille läbimõõt on  $D=15$  mm= $0,015$ m

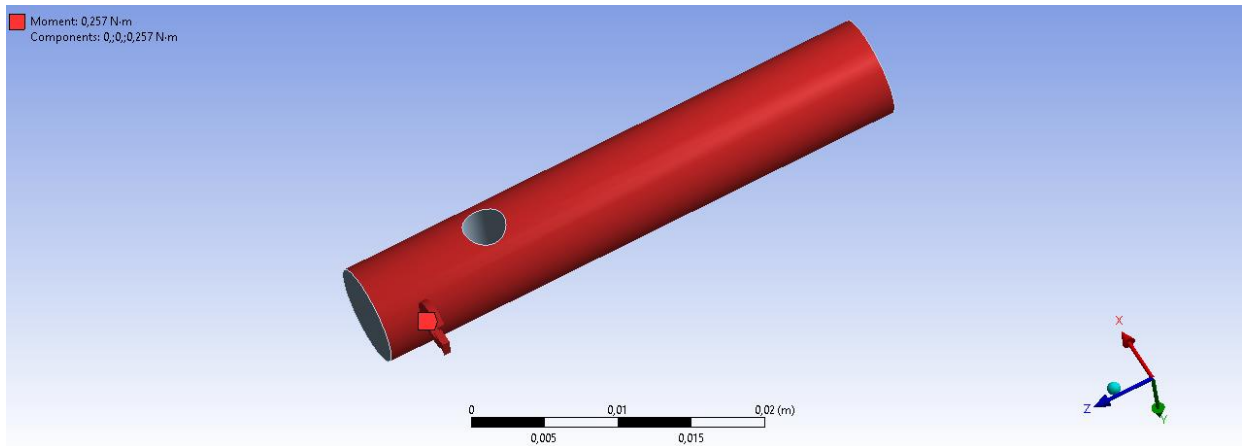
$$\tau = m * 9,81 * R = 3,49 * 9,81 * 0,0075 = 0,257 \text{ Nm} \quad (4.1)$$

Puks ja võll on omavahel ühendatud M3 kruviga (Joonis 4.9)



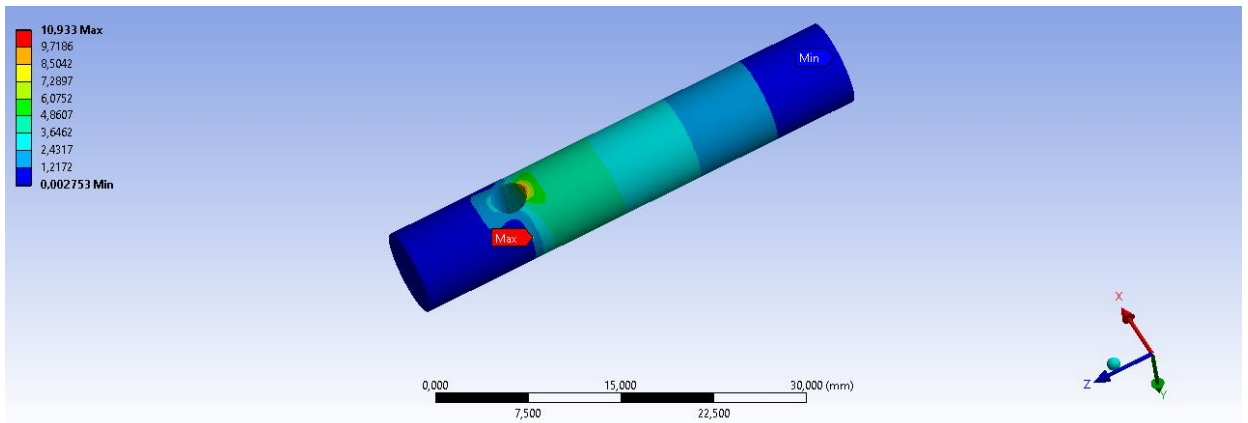
Joonis 4.9 Võlli kinnitus

Võllile on rakendatud eelnevalt välja arvatud moment



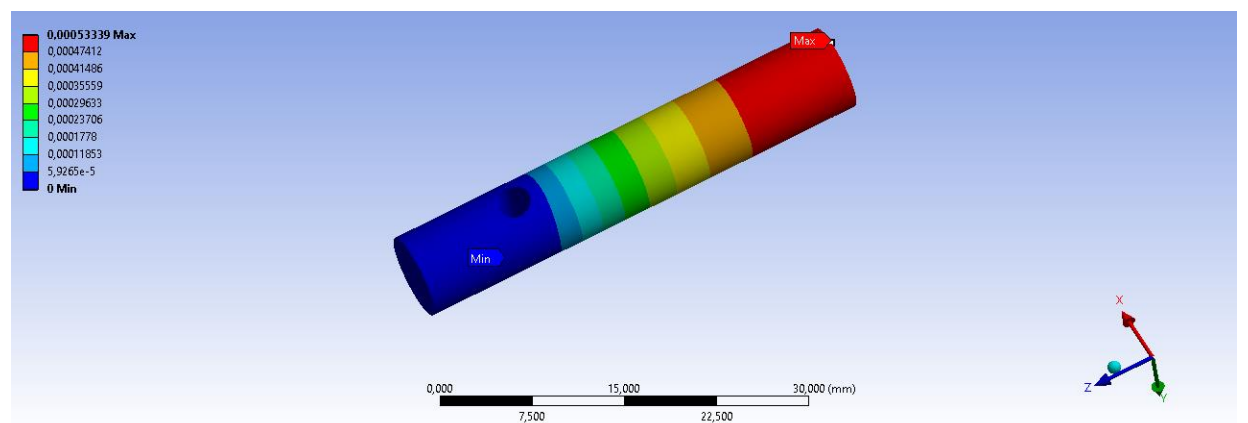
Joonis 4.10 Rakendatud moment

Ekvivalentse pinge maksimaalne väärtus on 10,93 Mpa mis asub ava servas (Joonis 4.11)



Joonis 4.11 Ekvivalentne pinge

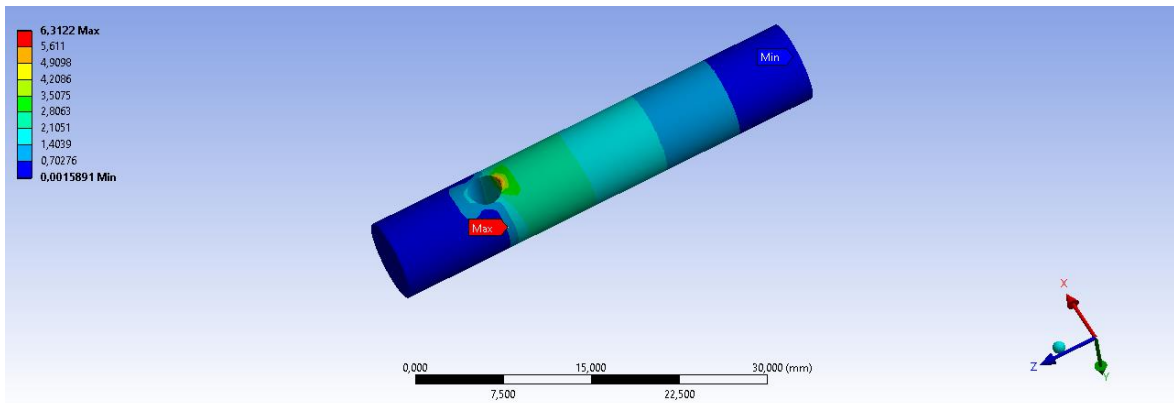
Täielikust deformatsioonist on näha (Joonis 4.12), et võlli tagumine osa deformeerub kõige rohkem.



Joonis 4.12 Täielik deformatsioon

Maksimaalsest rebimis pinges väärtus on 6,31 MPa (Joonis 4.13)

Eelnevatest tulemustest saab järeldada, et mootori võlli peab sellele koormusele vastu.



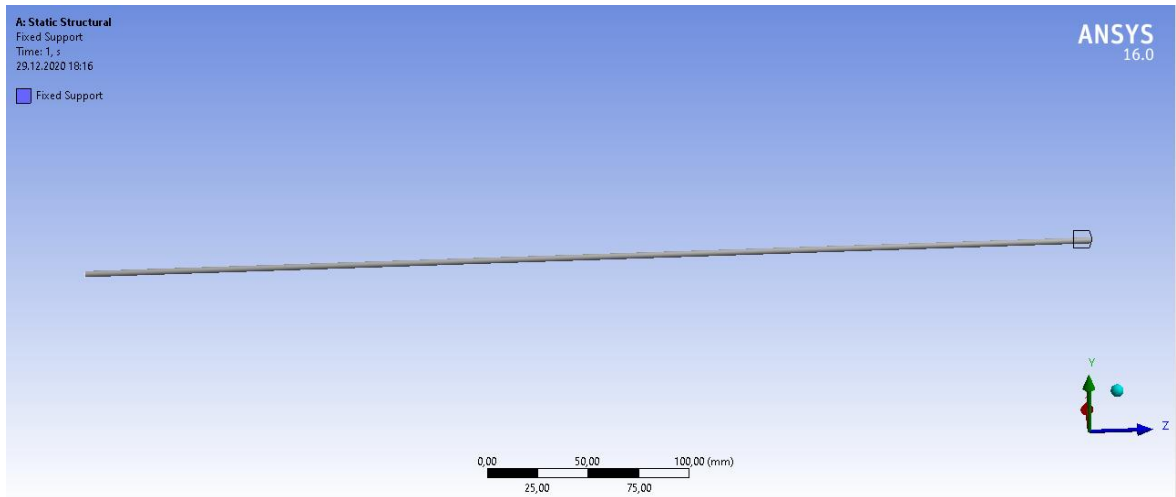
Joonis 4.13 Maksimaalne rebimis pinge

### 4.1.1 Roostevaba resti analüüs

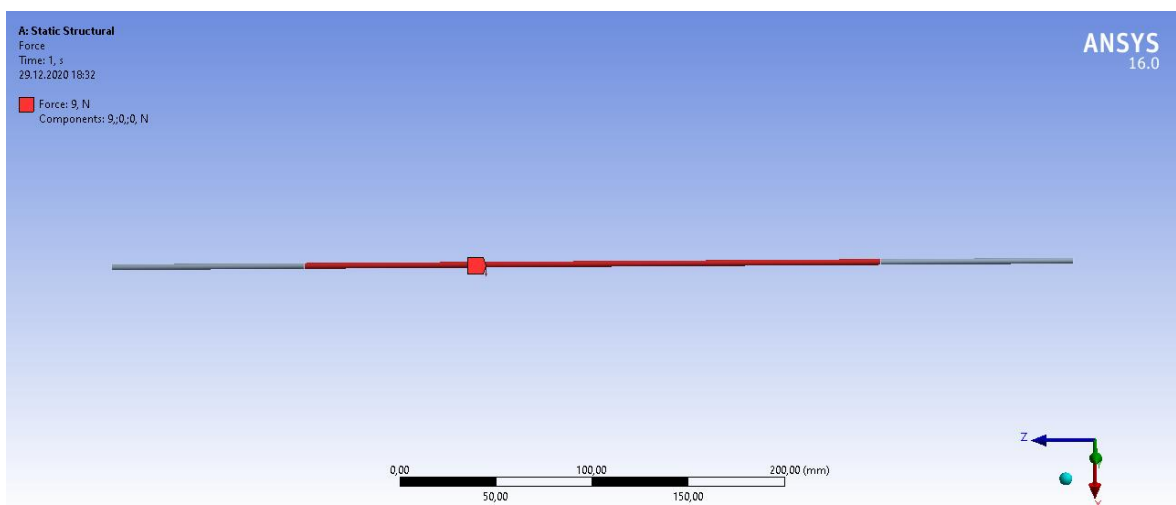
Restile teostatakse analüüs, et saada teada suurim mass mida restile saab rakendada.

1.4401		AISI 316		
<b>Standards</b>	Material No.	EN Designation	AISI/SAE	UNS
	1.4401	X5CrNiMo17-12-2	316	S31600
<b>Description</b>	1.4401 / AISI 316 is an austenitic chromium-nickel-molybdenum stainless steel.			
<b>Special properties</b>	Very good stability against chloric media and non-oxidizing acids.			
<b>Chemical Composition</b>	C %	Si ≤ %	Mn ≤ %	P ≤ %
	≤ 0.07	1.00	2.00	0.045
	Cr %	Mo %	Ni %	N %
	16.5-18.5	2.00-2.50	10.0-13.0	≤ 0.11
<b>Mechanical Properties 20°C</b>	Hardness HB 30 ≤ HB	0.2% Yield strength $R_p$ ≥ N/mm <sup>2</sup>	Tensile strength $R_m$ N/mm <sup>2</sup>	Elongation $A_5$ ≥ %
	215	200	500-700	40/30
<b>Physical Properties 20°C</b>	Density g/cm <sup>3</sup>	Specific heat capacity J/kg K	Thermal conductivity W/m K	Electrical resistivity Ω mm <sup>2</sup> /m
	8	500	15	0.75

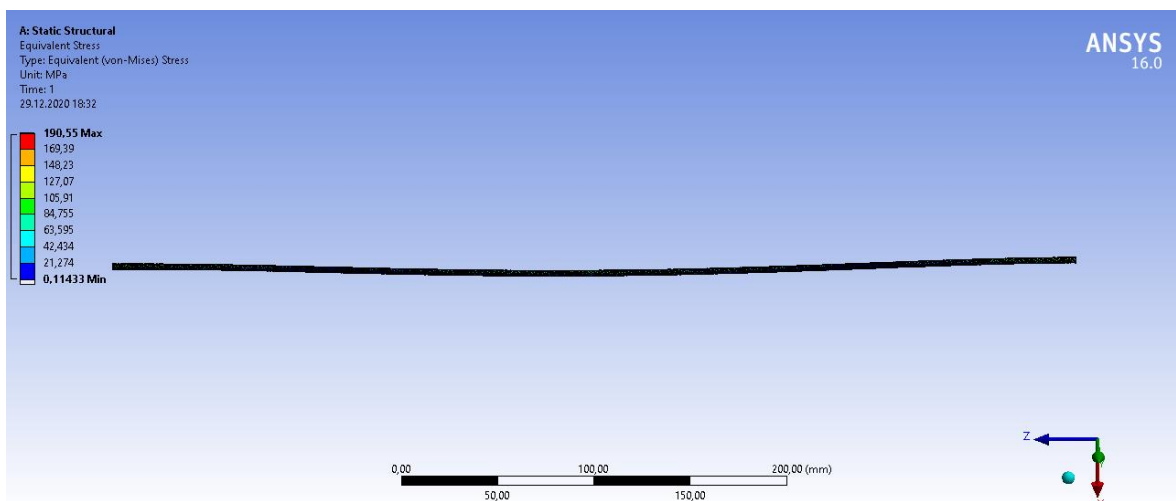
Joonis 4.14 AISI 316 volavuspiir [25]



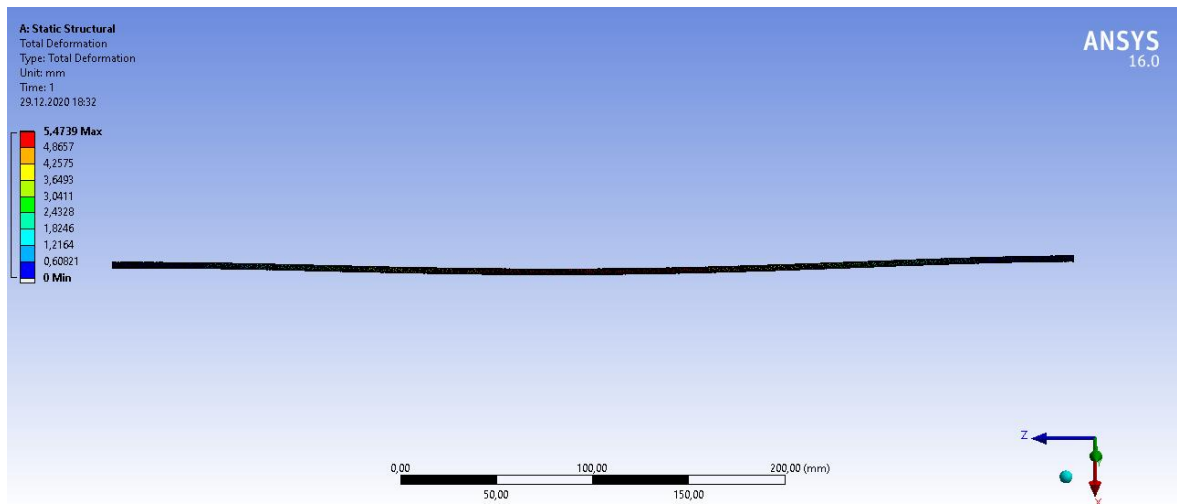
Joonis 4.15 Varda kinnitus



Joonis 4.16 Rakendatud jõud



Joonis 4.17 Ekvivalentne ping



Joonis 4.18 Täielik deformatsioon

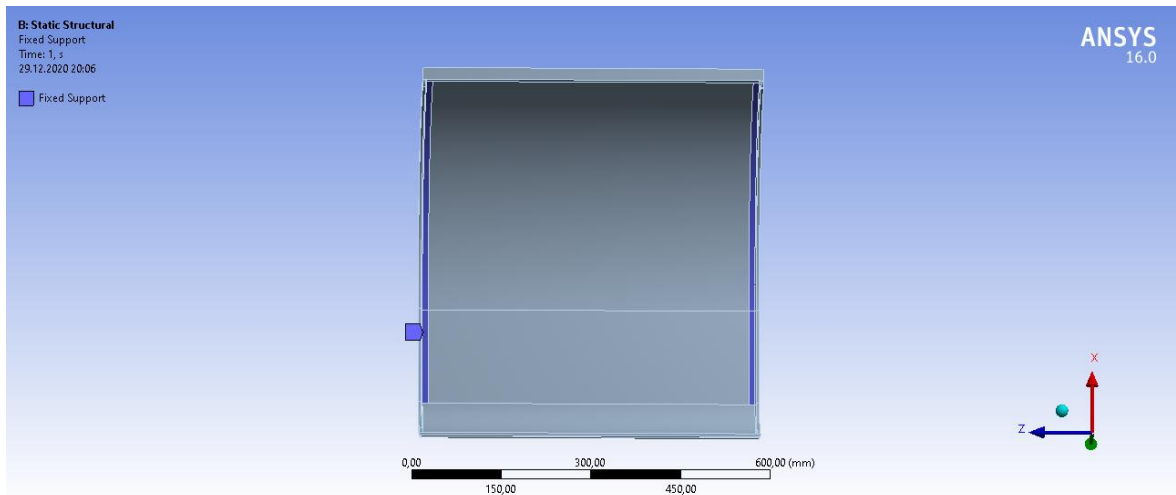
Eelnevatest tulemustest ning roostevaba terase voolavuspiirist (Joonis 4.14) järeldatakse, et resti peal võibolla 300x300 (mm) karp, mis maksimaalselt mõjub restile 63 N jõuga. Kogu restile võib rakendada jõu 196 N, kui see on ühtlaselt jaotatud.

#### 4.1.2 Kaane analüüs

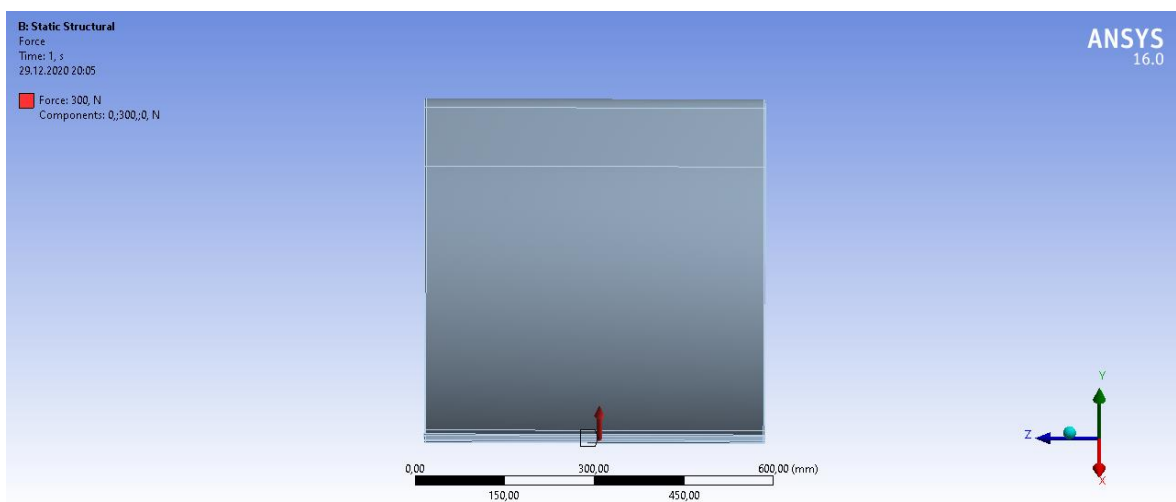
Kaanele teostatakse analüüs kui seda avatakse kinnises olekus 300 N jõuga.

	Test Conditions	Typical values <sup>(1)</sup>	Unit	Standard
<b>PHYSICAL</b>				
Density		1200	kg/m <sup>3</sup>	ISO 1183-1
Water absorption saturation	water at 23 °C	0.30	%	ISO 62
Water absorption equilibrium	23 °C, 50% relative humidity	0.12	%	ISO 62
Refractive index	Procedure A	1.587	–	ISO 489
<b>MECHANICAL</b>				
Tensile modulus	1 mm/min	2350	MPa	ISO 527-1,-2
Yield stress	50 mm/min	60	MPa	ISO 527-1,-2
Yield strain	50 mm/min	6	%	ISO 527-1,-2
Nominal strain at break	50 mm/min	50	%	ISO 527-1,-2
Flexural modulus	2 mm/min	2350	MPa	ISO 178
Flexural strength	2 mm/min	90	MPa	ISO 178
Charpy impact strength	23 °C, unnotched	non-break	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179-1eU
Charpy impact strength	23 °C, 3 mm, notched	80P	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179-1eA
Izod impact strength	23 °C, 3.2 mm, notched	90P	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180-A
<b>THERMAL</b>				
Vicat softening temperature	50 N, 50°C/h	148	°C	ISO 306
Thermal conductivity	23°C	0.20	W/(m.K)	ISO 8302
Coefficient of linear thermal expansion	23 to 55°C	0.65	10 <sup>-4</sup> /K	ISO 11359-1, -2
Temperature of deflection under load	1.80 Mpa	128	°C	ISO 75-1, -2
Temperature of deflection under load	0.45 Mpa	140	°C	ISO 75-1, -2
<b>ELECTRICAL</b>				
Electrical strength	1 mm	34	kV/mm	IEC 60243-1
Volume resistivity		1E14	Ohm.m	IEC 60093
Surface resistivity		1E16	Ohm	IEC 60093
Relative permittivity	100 Hz	3.1	–	IEC 60250
Relative permittivity	1 MHz	3.0	–	IEC 60250
Dissipation factor	100 Hz	5	10 <sup>-4</sup>	IEC 60250
Dissipation factor	1 MHz	95	10 <sup>-4</sup>	IEC 60250

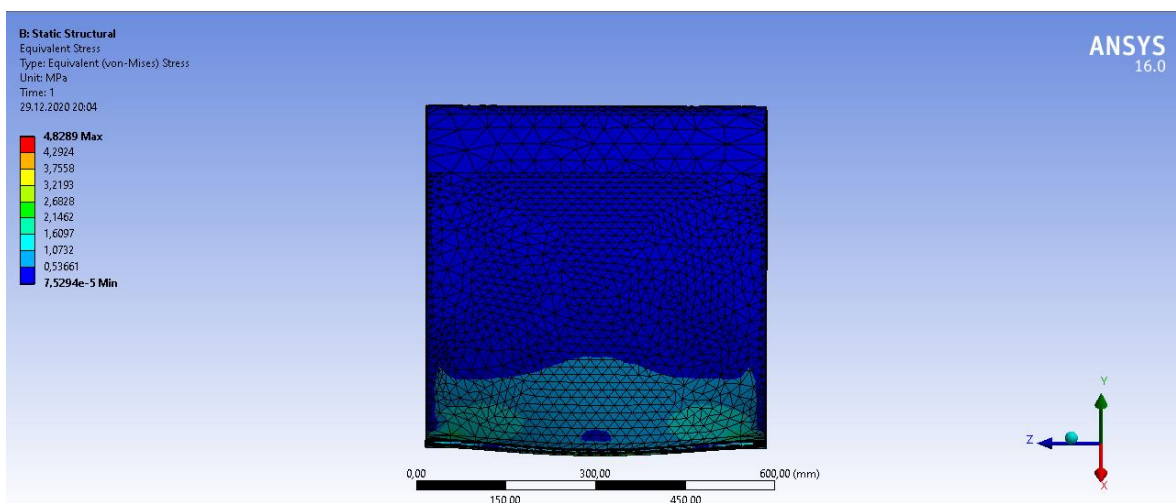
Joonis 4.19 Makrolon Mono voolavuspiir [18]



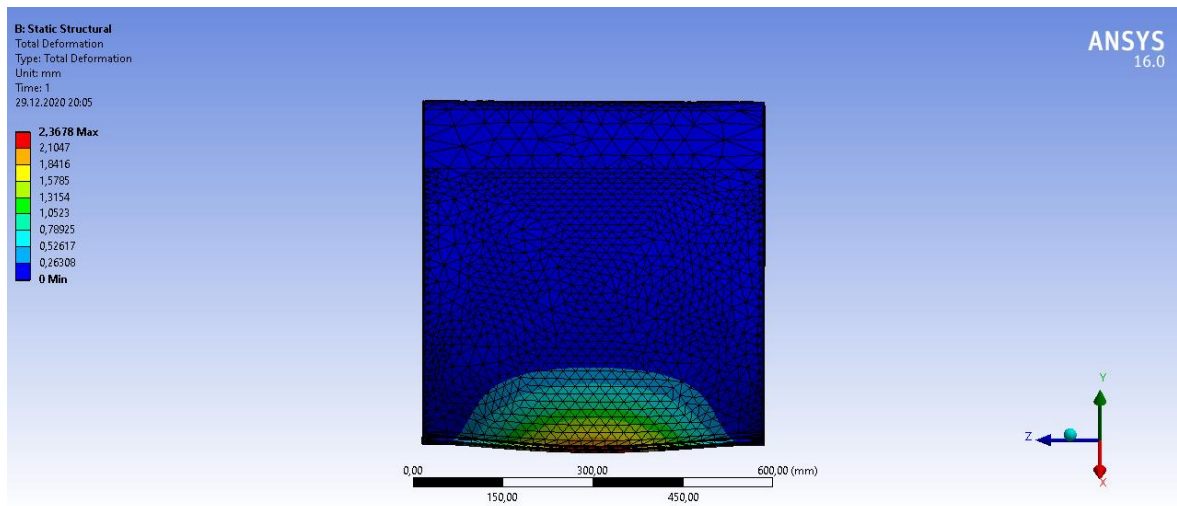
Joonis 4.20 Kaane kinnitus



Joonis 4.21 Rakendatud jõud



Joonis 4.22 Ekvivalentne pinge



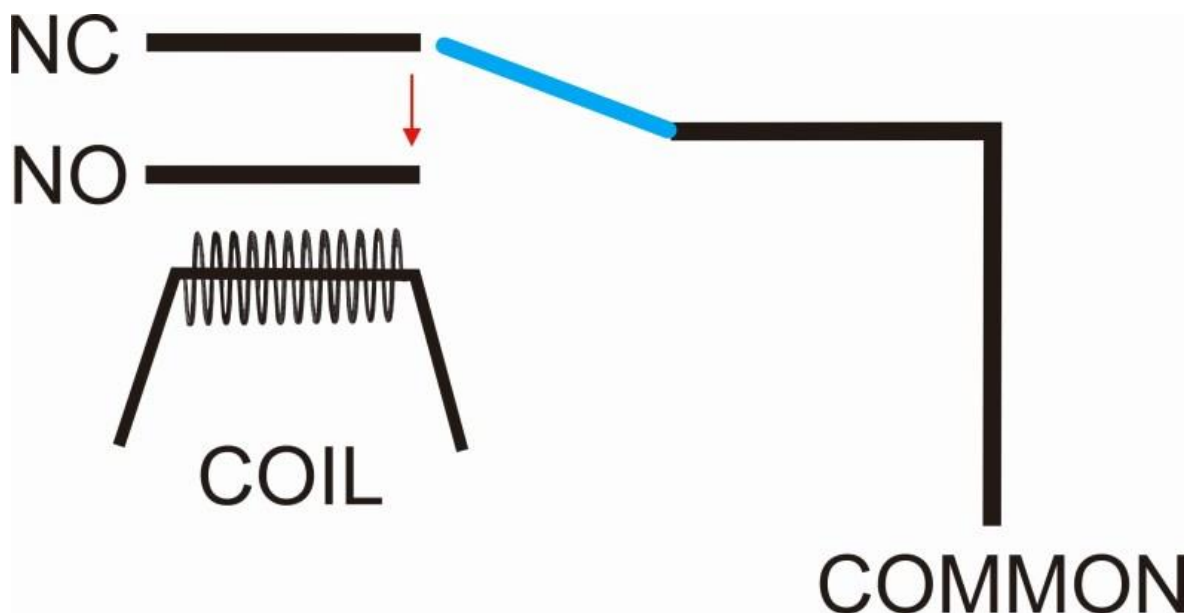
Joonis 4.23 Täielik deformatsioon

Eelnevatest analüüsi tulemustest ning Makrolon Mono volavuspiirist (Joonis 4.19) saab järeldada, et avades kaant jõuga 300 N peab kaas sellele vastu. Oletada võib, et ennem painduvad läbi hinged ning mootor, kui kaas.



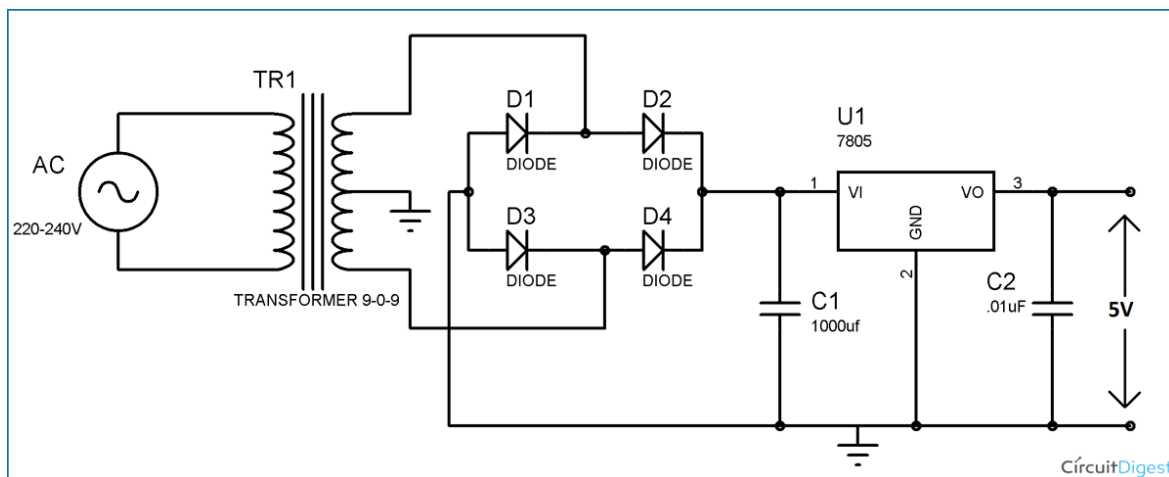
## 4.2 Elektriskeem

Desinfitseerimisseadet UV-C valgusega on võimalik ka automatiseerida, selleks saab kasutada arduinot. Lampide ja ukse kontrollimiseks kasutatakse NC (normaalselt suletud) releed (Joonis 4.24) ja lülitit. Mis on ühendatud Arduino mikro kontrolleriiga.



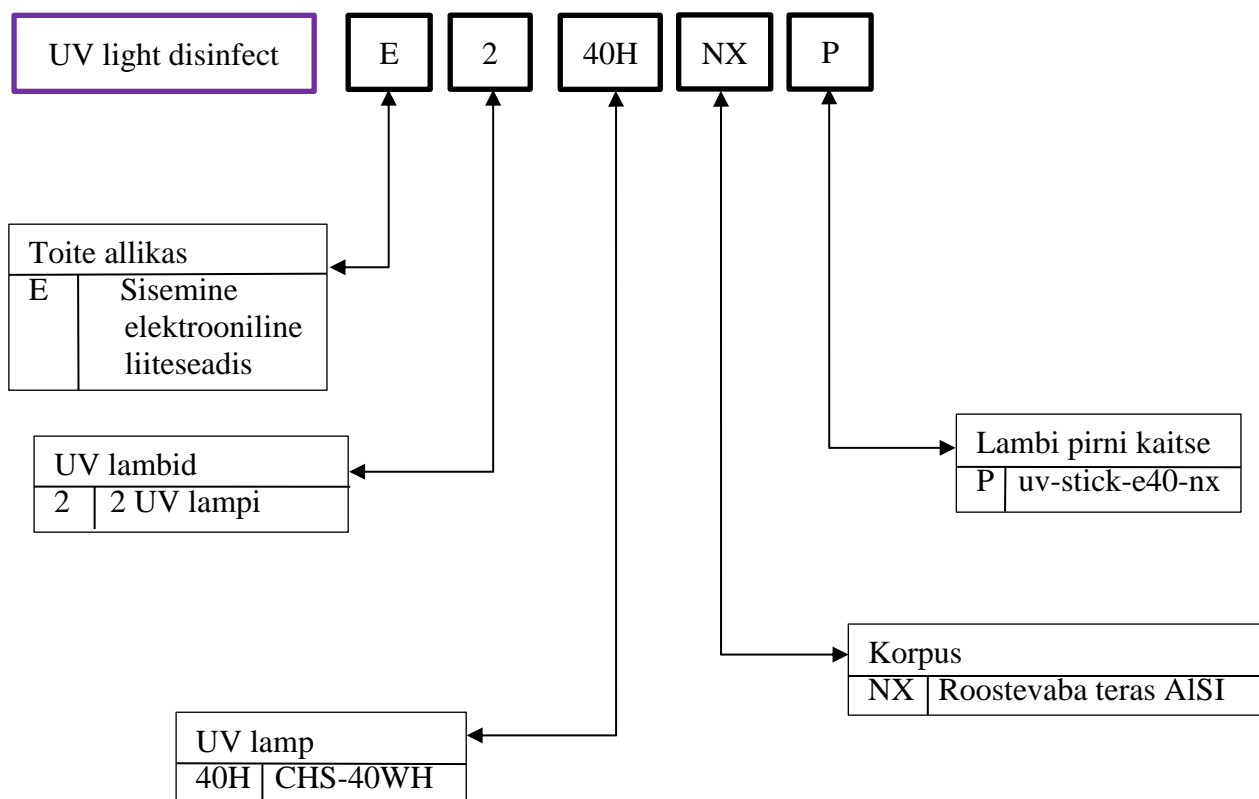
Joonis 4.24 NC/NO releed [26]

Arduino mikro kontrolleri toiteks kasutatakse trafot, mis on näha järgneva skeemi (Joonis 4.25) pealt.



Joonis 4.25 Toitetrafo [27]

### 4.3 Tähised



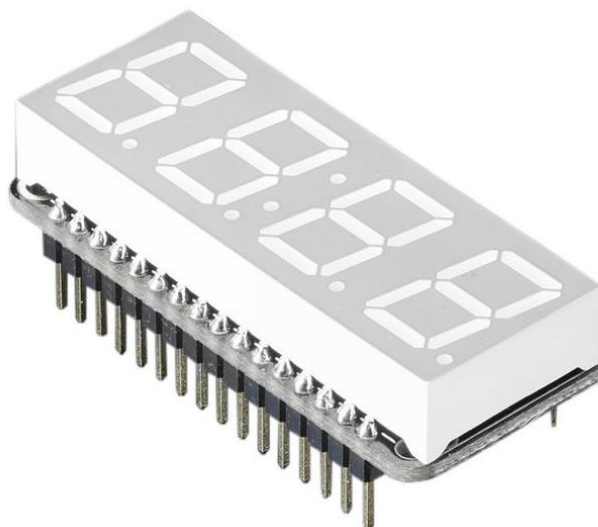
Joonis 4.26 Tähised [28]

## 5 HINNAKALKULATSIOON

Tabel 5.1 Tarvikute hinnad

Materjal	Kogus	Hind
CHS-40WH UV lamp 40W	2 tk	184,80€
Sünkroon mootor (5-6 1/min) [29]	1 tk	11,39€
Makrolon Mono 5mm pleksiklaas	1 tk	94€
Roostevabast terasest keevitatud kapp	1 tk	157€
Laager	1 tk	0,8€
Ukse lüliti [30]	2 tk	3,52€
Aega näitav ekraan	1 tk	11,13€
LED punane [31]	1 tk	12,72€
LED roheline [32]	1 tk	13,23€
Lüliti RND 210-00553	1 tk	0,84€
Pistik+juhe 3m 3x1.5mm valge	1 tk	3,64€
DPCP162409G	1 tk	37,06€
Silikoonjuhe 1.0mm2 must Helukabel	14,5 m	22,04€
Koostamine	1 tk	16€
Värvimine	1 tk	25€
Kokku		593,17€

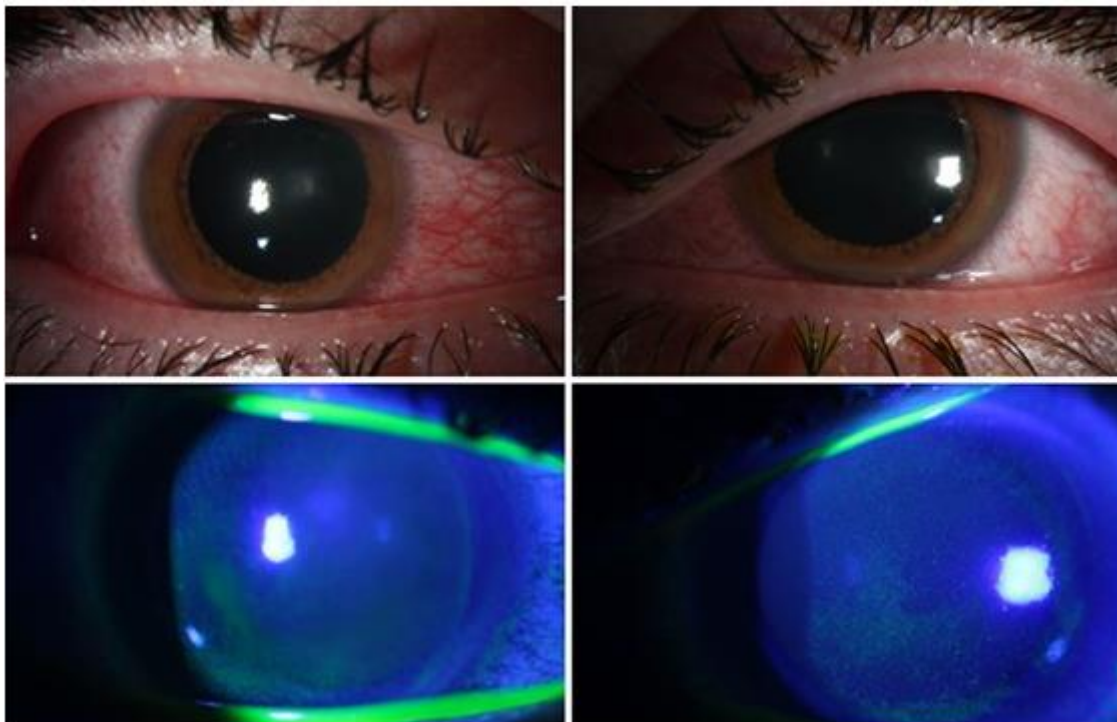
Aega näitavaks ekraaniks sai valitud [33]



Joonis 0.1 Led ekraan [33]

## 6 OHUTUSJUHEND

Kuna UV-C valgus mõjutab tugevalt silmi, kuigi alguses pole seda tunda siis hilisemad tagajärjed võivad olla tõsiselt kahjulikud nägemisele. Pikalt UV-C lambi vaatamine põhjustab päikse põletuse tunnet silma sarvkestale. Teadagi on päikesepõletus üpriski valus ning sellest paranemine võtab aega.



Joonis 6.1 Fotokeratiit [34]

Põletustunne ei teki kohe, seega nii mõnedki inimesed ei mõista ega taju kohe, et nende silmad on UV-C lampi vaatades kahjustada saanud. Kuigi on väga põnev ja huvitav jälgida, kuidas UV-C lamp töötab ning desinfitseerib, tuleb hoolikalt enne toote kasutamisel võtmist lugeda läbi ohutusjuhend.

### 6.1 Ohutusjuhendi punktid

1. Lugege kogu ohutusjuhend hoolikalt läbi enne seadme kasutusele võtmist.
2. Seadet võib kasutada ainult vastavalt juhendile.
3. Ärge käivitage seadet ilma põhjuseta.
4. Ärge kasutage seadet, kui seadme juhe või pistik on kahjustada saanud või, kui seade on mingil muul moel kahjustatud.
5. Operaator võib seadet kasutada juhul, kui talle on edasi andnud kõik selleks ettenähtud juhendid ja veendunud, et ta saab seadmega iseseisvalt hakkama.

6. Kui näete suitsu, ühendage seade seda puudutamata koheselt vooluvõrgust välja ja hoidke seadme ust kinni, vältimaks leegi teket.
7. Ärge jätke ühtegi eset seadmesse, kui see ei tööta.
8. Vedelikke ja muid aineid ei tohi asetada seadmesse suletud anuma sees, kui on risk, et anum võib soojenedes lõhkeda.
9. Ärge kasutage seadet muuks otstarbeks, kui toidukarpide desinfitseerimiseks.
10. Anumaid peab enne seadmesse panemist kontrollima, et need oleks puhtad ja kuivad.
11. Kui seade hakkab mingil põhjusel tööle avatud luugiga siis tuleb seadme kasutamine kohe lõpetada ja teatada sellest tootjale.
12. Seadme kasutamisel on vajalik töösükli ajaks astuda seadmest vähemalt 1 m kaugusele ning mitte jälgida UV lampe.
13. UV lampide otsekiirgus (avatud luugi korral) on tervisele ülimalt ohtlik ning võib kahjustada nägemist juba lühikese mõju järel ning põhjustada naha kahjustusi.
14. Naha kahjustuste vältimiseks tuleb toidu karpe desinfitseerimiseks seadmesse asetades kanda kindaid juhuks, kui seade peaks hakkama mingil põhjusel tööle.
15. Tähelepanu, seade on 220 V toitega ning seetõttu tuleb vedelike sattumisel seadmesse see koheselt vooluvõrgust lahti ühendada ning teavitada tootjat.
16. Seadet tohib kasutada vaid hea ventilatsiooniga suurtes (vähemalt 30 m<sup>2</sup>) ruumides. Seadme töö käigus eralduv osoon võib muidu tekitada ebameeldivustunde.
17. Ärge teostage seadme ümberehitamist ega täiendamist. Seadet võib parandada ainult tootja.
18. Pidada kinni ohutusnõuetest ning hoiatavatest siltidest seadmel.



Joonis 6.2 Ohutusmärk [35]

19. Pöörduda koheselt arsti poole, kui on juhtunud kokkupuude UV-C valgusega nahal ning tekib ärritus tunne.
20. Pöörduda koheselt arsti poole ning rääkida täpselt, kui kaua on vaadatud UV-C lambi pirne, mis seadmega on tegu ning, mis moel paistis UV-C valgus silma. Pöörduda koheselt arsti poole ka siis, kui ärritus silmades tekib alles hiljem.
21. **NB. Mitte mingil juhul ei tohi seadmesse panna panna elus loomi ning muid esemeid, mis sinna ei kuulu.**

## **6.2 Milliseid toidukarpe tohib UV desinfitseerimisseadmes puhastada**

1. Puhastamine on efektiivne vaid topsidel, mille suue on suurem või sama suur kui topsi põhiosa.
2. Puhastumine ei toimi purkidel ega pudelitel.
3. Toidutopsi materjal ei oma tähtsust kuid tuleb arvestada, et puhastub vaid otsest kiirgust saav topsiosa. Läbi purgi põhja või seina kiirguse toime ei ulatu.
4. Toidukarbi kõrgus peab olema piisavalt madal, et põhi ülespoole paigutatud toidukarp ei jääks vähimalgi määral takistama luugi sulgemist.

## **6.3 UV desinfitseerimisseadme paigaldamine**

1. Veenduge et kõik üleliigsed esemed on seadme seest välja võetud.
2. Kontrollige, et seadmel pole mingeid kahjustusi.
3. Seade peab olema paigaldatud tasasele ja stabiilsele pinnale
4. Ärge paigaldage seadet sinna kuhu pääseb ligi kuumus, niiskus või kus ligiduses on kergesti süttivad ained või esemed.
5. Et seadet saaks mugavalt kasutada, tuleks jätta seadme jaoks piisavalt ruumi.  
Ülevalt -100 cm  
Taga-5 cm  
Küljed-50 cm
6. Ärge kasutage seadet ilma sisemise põhjavõreta.
7. Veenduge, et seadme juhe ja pistik on kahjustamata ja et juhe ei oleks paigaldatud teravate äärte või esemete peale.
8. Veenduge, et seadme asukoha õhuvahetus on hea ning ruum on vähemalt 30 m<sup>2</sup> suur kuid ärge kasutage seadet kunagi välistes tingimustes.

## 6.4 UV desinfitseerimisseadmega töötamine

1. Päeva alustades lülitage seade sisse tagakülje karbil asetsevast lülitist ning vajutage seejärel juhtpaneelil „RESET“ nuppu. Käivitus seadme juhtprogramm ning toimub üks kontrolltsükkel. Süttivad UV lambid ning mõlemad signaaltuled.
2. Avage seadme luuk, pange tühi, avatud ning visuaalselt kontrollitud toidutops seadmesse põhi ülespoole lampide kohale. Kaane võib asetada kappi ka koos toidukarbiga kui see sinna ettenähtud moel mahub.
3. Kaane sulgemisel algab 8 sek kestev töötsükkel. Põleb punane signaaltuli ning läbi kaane on näha sinakat UV lampide kuma.
4. Tsükli lõppemist tähistab roheline signaaltule süttimine ning sinise kuma kadumine seadme sees. Toidukarbi ning kaane võib seadmest eemaldada ning võimalusel kohe ka kasutusse võtta.
5. Kui tundub otstarbekas siis võib kaane jätta veel teisekski tsükliks UV töötlusesse.
6. Töö lõppemisel ühe toidukarbiga tuleb vahele teha üks tühja UV kapi tsükkel kus kapi sisemus saab puhastuda.

## 6.5 Kui UV desinfitseerimisseade ei tööta

1. Kontrollige kas seade on sisse lülitatud elektroonikakarbi parempoolsel küljel asuvast lülitist või kas pistik on ühendatud vooluvõrku korrektselt. Kui ei ole siis lülitage seade lülitist sisse või võtke juhe vooluvõrgust välja, oodake 10 sek, ja ühendage see uuesti.
2. Kontrollige kas seina vooluvõrgus ei ole tekkinud voolukatkestus.
3. Kontrollige, kas luuk on korralikult kinni. Kui luuk ei ole korralikult kinni siis UV kapp tööle ei hakka.

## 6.6 Juhtpaneel

Juhtpaneel koosneb kahest signaaltulest (roheline ja punane), ON/OFF nupust ning aega näitavast ekraanist.

Punane märgutuli:

Süttib töötsükli alguses ning kustub, kui tsükkel lõpeb ning seadme luuki võib taas avada.

Roheline märgutuli:

Süttib siis, kui seade on tsükli lõpetanud ning toidukarp on puhastatud.

Lisainfo:

Luuki töötsükli ajal avades töötsükkel katkeb, UV lambid kustuvad ning seade on ohutu kuid toidukarbid pole veel puhtad. Luuki sulgedes käivitus uus 8 sek kestev töötsükkel.

## 6.7 Puhastus ning hooldus

1. Ühendage seade vooluvõrgust välja, avage luuk ning eemaldage sisemine põhjarest nii, et ei puudutaks UV lampe palja käega.
2. Hoidke UV seadme sisepinda alati puhtana. Kui niiskusejäljed jäävad sinna sisse, siis võib läikiv peegelpind tuhmuda. Lampe ei tohi puhastada.
3. Välispindu puhastage kergelt niiske lapiga ning kuivatage. Et vältida kahjustusi mis võivad tekkida ahju elektriosadele, ei tohiks lasta vett UV kapi sisemusse.
4. Puhastage seadme kaas mõlemalt poolt niiske lapiga.
5. Ärge tehke juhtpaneeli märjaks. Puhastage seda pehme, niiske riidelapiga.
6. Ärge visake seadet prügikasti. See seade tuleb viia ümbertöötlusse vastavalt riigi seadusele.

## 6.8 Raadiohäired

Kui kasutate UV seadet, võib see segada raadio, TV või sarnase seadme töötamist. Sellise juhtumi puhul:

1. Paigutage raadio antenn teise asendisse
3. Paigaldage UV seade teise kohta
4. Pange UV seade teise vooluvõrku

## 6.9 Tehnilised andmed

Tabel 6.1 UV desinfitseerimisseadme tehnilised andmed.

Energiatarve	230 V ~240 V/50Hz 120 W
UV võimsus	80 W
UV sagedus	254 nm
UV kapi välised mõõdud	405 mm(k)x554 mm(l)x552 mm(s)
UV kapi sisemised mõõdud	250 mm(k)x524 mm(l)x500 mm(s)
Kaal	30 kg



## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistri lõputöö raames oli projekteerida desinfitseerimisseade UV-C valgusega. Töö teema sain Tallinna Tehnika Ülikooli teaduri Toivo Tähemaa poolt. Teema idee oli minu jaoks huvitav, kuna soovisin ka sise lähemalt teada, kuidas on võimalik UV valgus kiirgusega desinfitseerida ning milline UV kiirgus selleks kõige paremini sobib.

Lõputöö raames sai uuritud, mitmesse kategooriasse UV kiirgus jaguneb. Millist UV valgus kiirguse vahemikku on vaja kasutada viiruste, bakterite, hallituse ning seente eoste hävitamiseks. Veel sai uuritud, milline UV valgus kiirguse lamp sobib kõige paremini desinfitseerimiseks, kuna UV valgus lampe kasutatakse mitmel erineval otstarbel.

Desinfitseerimisseadme konseptsiooni loomise eesmärk UV-C valgusega on desinfitseerida toidukarp igasugustest bakteritest, viirustest, hallitusest ning seente esostest, mida palja silmaga ei näe ning mida pole alati ka võimalik tavaliselt veega hävitada. Desinfitseerimisseadme projekteerimisel tuli silmas pidada, et seadet peab olema võimalikult lihtne operaatoril kasutada. Seadme üks ei tohtinud käia ette lahti, mis seadis piirangud seadme projekteerimisele. Kuna seadme üks ei tohtinud käia ette lahti tuli idee teha seadme üks nii, et see avatakse otse ülesse. Kuid ka see seadis omakorda piirangu UV desinfitseerimisseadme asukohale, kuna üks üless oleks võtnud liiga palju ruumi. Veel tuli arvestada seadme kaalu ning asukohaga. Samuti tuli arvestada, et desinfitseerimisseadmesse UV-C valgusega peab ära mahtuma toidukarp, mida puhastatakse mõõtmetega 300x200x300 mm.

Kuna UV-C valgus on kahjulik nahale ning silmadele tuli projekteerimise käigus lisada ka seadmele märgutuled, mis annavad operaatorile teada, millal UV desinfitseerimisseade on töös ning, millal seade on vaba. Kui UV desinfitseerimisseade on töös põleb punane märgutuli ning, kui desinfitseerimise tsükkel on läbi saanud läheb põlema roheline tuli, mis annab operaatorile märku, et on ohutu võtta desinfitseeritud toidukarp seadmest välja.

Desinfitseerimisseade UV-C valgusega töötab järgmiselt. Operaator avab seadme ukse ning asetab desinfitseerimist vajava toidukarbi seadmesse resti peale. Nii, kui operaator on seadme ukse sulgenud läheb tööle punane märgutuli, mis annab märku, et on alustatud desinfitseerimis tsükliga. Seejärel hakkavad tööle UV-C lambid, mis desinfitseerivad toidukarpi ning peale desinfitseerimis tsükli lõppemist läheb tööle roheline märgutuli.

Töö raames sai seadme mootori võllile, kaanele ning restile tehtud analüüs Ansys programmis. See kinnitas, et desinfitseerimis seadme kaas, mootori võll ning rest, kuhu toidukarp asetatakse peab koormusele vastu.

Lisaks sai töö raames koostatud hinnakalkulatsioon, millest selgus, et ühe desinfitseerimiseseadme maksumus UV-C valgusega on 593,17€. Kuna desinfitseerimisseade UV-C valgusega kasutab töötamiseks elektrit ning lambid mida kasutatakse desinfitseerimiseks on kahjulikud operaatori silmadele ning nahale tuli koostada ka ohutus ning kasutusjuhend.

## SUMMARY

In given master thesis was to design a a disinfection device with UV-C light. The topic of the work was given by professor Toivo Tähemaa, at Tallinn University of Technology. Given idea of the topic was interesting for me, because I also wanted to know more about how UV light can disinfect with radiation and which UV radiation is best suited for it.

In given thesis was investigated in how many several categories of UV radiation is dvided into. What range of UV light radiation needs to be used to kill viruses, bacteria, mold and fungal spores. It was also investigated which UV light lamp is best suited for disinfection, as UV light lamps are used for many different purposes.

The objective of creating the concept of a disinfection device with UV-C light is to disinfect the food box from all kinds of bacteria, viruses, mold and fungi that are not visible to the naked eye and cannot always be destroyed with water. When designing the disinfection device, it had to be kept in mind that the device must be as easy to use as possible for the operator. The door of the device was not allowed to open up front, which placed restrictions on the design of the device. Since the door of the device was not allowed to open up front, the idea came to make the door of the device so that it opened directly upwards. However, this also limited the location of the UV disinfection device, as the door would have taken up too much space. The weight and location of the device also had to be taken into account. It also had to be taken into account that the disinfection device with UV-C light must accommodate a food box with dimensions of 300x200x300 mm that is cleaned with UV radiation.

During the design process control lights had to be added to the device as UV-C light is harmful to the skin and eyes, which are informing the operator when the UV disinfection device is running and when the device is not operating. When the UV disinfection device is running, the red indicator light comes on and when the disinfection cycle is completed, a green light will light up to indicate to the operator that it is safe to remove the disinfected food box from the device.

The disinfection device with UV-C light works as follows. The operator opens the door of the device and places the food box in need of disinfection on the grate. Next, when the operator closes the door of the device, the red indicator light goes on to indicate that the disinfection cycle has started. The UV-C lamps will then start, disinfecting the food box, and the green indicator light will come on at the end of the disinfection cycle.

In Ansys program analysis of the device shaft, cover and grate was performed for given thesis. This confirmed that the lid of the disinfection device, the motor shaft and the grate in which the food box is placed can withstand the load.

In addition, a price done, which revealed that the cost of one disinfection device with UV-C light is 593.17 €. As the disinfection device with UV-C light uses electricity and the lamps used for disinfection are harmful to the operator's eyes and skin, a safety and operating manual had to be prepared.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Lightbulbs, „UV lambi valimine,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://blog.lightbulbs-direct.com/choosing-ultraviolet-bulbs-the-difference-between-uva-uvb-and-uvc..> [Kasutatud 2. september, 2020].
- [2] „Ultraviolet valguse tähendus,” Thoughtco, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.thoughtco.com/definition-of-ultraviolet-radiation-604675>. [Kasutatud 3. september, 2020].
- [3] „Mis on UV?,” Livescience, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.livescience.com/50326-what-is-ultraviolet-light.html>. [Kasutatud 4. september, 2020].
- [4] „Ultraviolet,” Wikipedia, [Võrgumaterjal]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>. [Kasutatud 8. märts, 2020].
- [5] „Hygiens,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://hygenis.com/product/2020-newest-60w-uv-germicidal-lamp-led-uvc-light-bulb-e26-e27/>. [Kasutatud 8. september, 2020].
- [6] „UV radiatsioon,” Wikipedia, [Võrgumaterjal]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet\\_germicidal\\_irradiation](https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_germicidal_irradiation). [Kasutatud 9. september, 2020].
- [7] „ECVV,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ecvv.com/product/4495941.html>. [Kasutatud 15 september, 2020].
- [8] „Trojanuv,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.trojanuv.com/uv-basics>. [Kasutatud 16. september, 2020].
- [9] „Violetdefense,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.violetdefense.com/blog/2017/8/31/6-benefits-of-using-uv-light-for-disinfection>. [Kasutatud 17 september, 2020].
- [10] „Ultraviolet disinfection,” [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.nesc.wvu.edu/pdf/WW/publications/eti/UV\\_Dis\\_tech.pdf](http://www.nesc.wvu.edu/pdf/WW/publications/eti/UV_Dis_tech.pdf). [Kasutatud 18. september, 2020].
- [11] „Ultraviolettkiirgus,” Tööelu, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.tooelu.ee/et/tootajale/tookeskkond/Tookeskkonna-ohutegurid/Fuusikalised-ohutegurid/Ultraviolettkiirgus>. [Kasutatud 18. september, 2020].
- [12] „Photokeratitis,” Clevelandclinic, [Võrgumaterjal]. Available: <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/15763-photokeratitis>. [Kasutatud 22. oktoober, 2020].
- [13] „Laosisustus,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://laosisustus.ee/nugade-steriliseerimiskapp-uv-lamp/>. [Kasutatud 24. september, 2020].
- [14] „Juniik,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://juniik.ee/pood/elektriline-uv-sterilisaator-10w/>. [Kasutatud 26. september, 2020].
- [15] „a-care,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://et.a-care.eu/index.php/aparatuur/lisatarvikud/newface-uv-sterilizer.html>. [Kasutatud 28. september, 2020].
- [16] „Medicalexpo,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.medicalexpo.com/prod/spectra254/product-106567-700399.html>. [Kasutatud 29. september, 2020].
- [17] „Fractory,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://fractory.com/et/erinevus-klassi-304-ja-316-roostevaba-terase-vahel/>. [Kasutatud 10. oktoober, 2020].
- [18] „Proplastik,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://proplastik.ee/ehitusplast/massiivplastik-pc-polukarbonaat/>. [Kasutatud 11. oktoober, 2020].
- [19] „Tepro,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.tnuvir.com/gpha843t6l-2>. [Kasutatud 15. oktoober, 2020].
- [20] „Abmedical,” 22. november, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: [https://abmedical.ee/wp-content/uploads/2020/03/uv-direct\\_nx\\_eng\\_web.pdf](https://abmedical.ee/wp-content/uploads/2020/03/uv-direct_nx_eng_web.pdf).
- [21] „Ledemo,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.ledemo.com/uv-germicidal-tube-15867583260566613.html>. [Kasutatud 16. oktoober, 2020].
- [22] „100Bulbs,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.1000bulbs.com/product/3799/AU-LGPH436T5L.html>. [Kasutatud 17. oktoober, 2020].

- [23 „Lightprogress,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.lightprogress-shop.com/it/ricambi/chs-40wh\\_54.html](https://www.lightprogress-shop.com/it/ricambi/chs-40wh_54.html). [Kasutatud 20. oktoober, 2020].
- [24 „Torque calculation,“ Precisionmicrodrive, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.precisionmicrodrives.com/content/torque-calculations-for-gearmotor-applications/>. [Kasutatud 27. detsember, 2020].
- [25 „AISI316,“ Metalcor, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.metalcor.de/en/datenblatt/11/>. [Kasutatud 28. detsember, 2020].
- [26 „Relee,“ Miliohm, [Võrgumaterjal]. Available: <https://miliohm.com/how-to-use-relay-with-arduino/>. [Kasutatud 25. detsember, 2020].
- [27 „Toitetrafo,“ Circuitdigest, [Võrgumaterjal]. Available: <https://circuitdigest.com/electronic-circuits/cell-phone-charger-circuit-diagram>. [Kasutatud 25. detsember, 2020].
- [28 „ABmedical,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://abmedical.ee/wp-content/uploads/2020/03/uv-direct\\_nx\\_eng\\_web.pdf](https://abmedical.ee/wp-content/uploads/2020/03/uv-direct_nx_eng_web.pdf). [Kasutatud 5. oktoober, 2020].
- [29 „Sünkroon mootor,“ Amazon, [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.amazon.com/Turntable-Synchron-220-240V-Synchronous-Handicrafts/dp/B07T2Q2VVC/ref=sr\\_1\\_61?dchild=1&keywords=ac%2Bmotor&qid=1608566853&sr=8-61&th=1](https://www.amazon.com/Turntable-Synchron-220-240V-Synchronous-Handicrafts/dp/B07T2Q2VVC/ref=sr_1_61?dchild=1&keywords=ac%2Bmotor&qid=1608566853&sr=8-61&th=1). [Kasutatud 18. detsember, 2020].
- [30 „Lüliti,“ Elfadistrelec, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elfadistrelec.ee/et/micro-switch-16a-1co-200gf-short-hinge-roller-lever-omron-electronic-components-d3v-165-1c5/p/13572955?q=&pos=8&origPos=8&origPageSize=50&track=true>. [Kasutatud 21. detsember, 2020].
- [31 „Punane led,“ Elfadistrelec, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elfadistrelec.ee/et/led-indicator-light-baco-l20sc10h/p/30100087?track=true&no-cache=true>. [Kasutatud 20. detsember, 2020].
- [32 „Roheline led,“ Elfadistrelec, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elfadistrelec.ee/et/led-indicator-light-baco-l20sc20h/p/30100089?track=true&no-cache=true>. [Kasutatud 20. detsember, 2020].
- [33 „Led ekraan,“ Elfadistrelec, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elfadistrelec.ee/et/digit-segment-display-featherwing-blue-adafruit-3106/p/30139123?queryFromSuggest=true>. [Kasutatud 30. oktoober, 2020].
- [34 „Uv-lights,“ Nbcnews, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.nbcnews.com/health/health-news/doctors-warn-about-eye-damage-uv-lights-kill-coronavirus-n1249009>. [Kasutatud 25. detsember, 2020].
- [35 „Ohutusmärgid,“ ComplianceSigns, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.compliancesigns.com/pd/ansi-danger-germicidal-lamps-emit-uv-c-radiation-sign-with-symbol-ade-28615>. [Kasutatud 25. detsember, 2020].
- [36 „UV lambi valimine,“ Lightbulbs, [Võrgumaterjal]. Available: <https://blog.lightbulbs-direct.com/choosing-ultraviolet-bulbs-the-difference-between-uva-uvb-and-uvc>. [Kasutatud 2. september, 2020].

## **GRAAFILINE OSA**

Joonis 1. Mootori kinnitus puks

Joonis 2. Mootori tugi

Joonis 3. Esimene külg

Joonis 4. Kaas

Joonis 5. UV kasti kooste joonis